

MARBURG

THESIS 1966

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE UNTERBRECHUNG
EINFACHER MOTORISCHER HANDLUNGEN**

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

MANFRED AMELANG

aus Bad Sulza/Thür.

Marburg/Lahn 1966

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE UNTERBRECHUNG
EINFACHER MOTORISCHER HANDLUNGEN**

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

MANFRED AMELANG

aus Bad Sulza/Thür.

Marburg/Lahn 1966

Von der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Philipps-
Universität Marburg/Lahn als

Dissertation angenommen am .. 20.10.66..

Tag der mündlichen Prüfung am .. 7.12.1966

Berichterstatter: Prof. Dr.^{Merz}.....

Mitberichterstatter: Prof. Dr. ^{Düker}.....

VORWORT

Die ersten Untersuchungen zu der vorliegenden Arbeit wurden im Rahmen eines Forschungsprogrammes durchgeführt, das von der Hohen Behörde der Montan-Union unter dem Titel "Menschliche Faktoren-Arbeitssicherheit" vergeben worden war. Für die von dieser Seite bereitgestellten Mittel wird hiermit herzlich gedankt.

Über die Ergebnisse dieser Experimente wurden mehrere interne Forschungsberichte verfaßt. Geringfügige Differenzen zwischen den hier wiedergegebenen und den früheren Resultaten erklären sich daraus, daß das gesamte Versuchsmaterial neu aufbereitet und in einigen Passagen anders dargestellt wurde (so wurden die individuellen Reaktionszeiten in Untersuchung D nicht mehr harmonisch, sondern arithmetisch gemittelt; als "Fehler" galten nur solche falsch ausgeführten Bewegungen, von denen auch eine Reaktionszeit ermittelt wurde; u.ä.).

Aufrichtig danksagen möchte ich an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Merz, der die Bearbeitung des untersuchten Problemkreises vorschlug und mir im Verlauf der Experimente vielfach Gelegenheit zu anleitenden und klärenden Gesprächen bot.

Auch Herrn Prof. Dr. Düker gilt mein Dank, besonders für den Hinweis auf einige in der Literatur bereits vorliegende ältere Arbeiten.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153507_0001

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	<u>Seite</u>
<u>EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG</u>	1
<u>STAND DES PROBLEMS</u>	3
U N T E R S U C H U N G A	
A. METHODE	7
I. Allgemeine Anordnung	7
II. Apparatur	7
III. Intervallgrößen zwischen Start-Signal und Unterbrechungs-Signal	8
IV. Versuchspersonen	9
V. Aufbau, Durchführung und Ablauf der Versuche	9
B. ERGEBNISSE	10
I. Anzahl der trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten Reaktionen	10
II. Fehlreaktionen	14
1) Häufigkeit der Fehler bei Reaktio- nen mit und ohne Unterbrechungs- Signal	15
2) Reaktionszeit der Fehlreaktionen	21
III. Reaktionszeit der richtigen Reaktio- nen	26
IV. Reaktionszeit geradliniger und wellen- förmiger Bewegungen	35
V. Verlaufsform unterbrochener Bewegungen	36

C. DISKUSSION	37
I. Der Aufbau der Versuche	37
II. Häufigkeit von Praevalenz-Reaktionen	38
III. Fehlreaktionen	39
1) Fehlerhäufigkeit	39
2) Reaktionszeit der Fehlreaktionen	40
IV. Reaktionszeit der richtigen Praevalenz-Reaktionen	41
D. INTERPRETATION	42
E. ZUSAMMENFASSUNG	46

U N T E R S U C H U N G B

ÜBERPRÜFUNG DER VARIABLE: RELATIVE HÄUFIGKEIT VON START-SIGNALEN

A. VORAUSSETZUNGEN, HYPOTHESEN	48
B. METHODE	50
I. Allgemeine Anordnung	50
II. APPARATUR	51
III. Relative Häufigkeit der Signale	51
IV. Intervallgröße zwischen Start- und Unterbrechungs-Signal	51
V. Versuchspersonen	51
VI. Aufbau, Durchführung und Ablauf der Versuche	52
C. ERGEBNISSE	53
I. Häufigkeit unterbrochener Reaktionen	53
II. Reaktionszeit der richtig ausgeführten Bewegungen	53
III. Fehlerhäufigkeiten	57
IV. Zusammenhang zwischen Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg	58
D. DISKUSSION	60
I. Reaktionszeiten	60
II. Fehlerhäufigkeiten	61

E. INTERPRETATION	61
F. ZUSAMMENFASSUNG	62

U N T E R S U C H U N G C

ÜBERPRÜFUNG DER VARIABLE: ZAHL DER WAHLMÖGLICHKEITEN

A. VORAUSSETZUNGEN, HYPOTHESEN	63
B. METHODE	65
I. Allgemeine Anordnung	65
II. Apparatur	65
III. Intervallgröße zwischen Start-Signal und Unterbrechungs-Signal	66
IV. Versuchspersonen	66
V. Aufbau, Durchführung und Ablauf der Versuche	66
C. ERGEBNISSE	68
I. Häufigkeit unterbrochener Reaktionen	68
II. Reaktionszeit der richtigen Bewegungen	68
III. Bewegungszeiten	73
D. DISKUSSION	74
I. Reaktionszeiten	74
II. Bewegungszeiten	75
1) Einfluß unbeeinflußt ablaufender Bewegungen	75
2) Unterbrochene Bewegungen	76
III. Korrelation zwischen Reaktions- und Bewegungszeiten	77
E. INTERPRETATION	78
F. ZUSAMMENFASSUNG	83

U N T E R S U C H U N G D

ÜBERPRÜFUNG DER VARIABLE:

ÄHNLICHKEITSBEZIEHUNG ZWISCHEN SIGNAL
UND ANTWORT

BEWEGUNGSSCHWIERIGKEIT

FUNKTION EINES ZUSÄTZLICHEN SIGNALES

A. VORAUSSETZUNGEN, HYPOTHESEN	84
I. Ähnlichkeitsbeziehung zwischen Signal und Antwort	84
II. Bewegungsschwierigkeit	86
III. Funktion eines zusätzlichen, für die Vp bedeutungslosen Signales	87
B. METHODE	89
I. Allgemeine Anordnung	89
II. Apparatur	89
III. Intervallgröße zwischen Start-Signal und Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal	90
IV. Versuchspersonen	90
V. Aufbau, Durchführung und Ablauf der Versuche	90
C. ERGEBNISSE	91
I. Häufigkeit unterbrochener Reaktionen	92
II. Reaktionszeit der richtigen Bewegungen	92
1) Einfluß des zusätzlichen Signales auf die Reaktionszeiten in beiden Versuchs-Reihen	93
2) Einfluß der Signal-Antwort-Beziehung und des Zusatz-Signales auf die Reaktionszeit	96
3) Einfluß der Bewegungsform und des Zusatz-Signales auf die Reaktions- zeiten	96
4) Einfluß des Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signales auf die Reaktions- zeit unter Berücksichtigung der Signal-Antwort-Ähnlichkeit und der Bewegungsform	97

III. Häufigkeit der Fehler bei Reaktionen ohne und mit Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal	103
1) Einfluß der zusätzlichen Signale auf die Fehlerprozent beider Versuchs-Reihen	103
2) Einfluß der Signal-Antwort-Beziehung und des Zusatz-Signales auf die Fehlerprozent	105
3) Einfluß der Bewegungsform und des Zusatz-Signales auf die Fehlerzahlen	105
4) Einfluß des Zusatz-Signales auf die Fehlerhäufigkeiten unter Berücksichtigung der Signal-Antwort-Ähnlichkeit und der Bewegungsform	106
IV. Individueller Zusammenhang zwischen Reaktionszeit-Verkürzung durch Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal und Fehleranstieg	107
D. DISKUSSION	108
I. Signal-Antwort-Ähnlichkeitsbeziehung und Reaktionszeiten bzw. Fehlerhäufigkeiten	108
II. Bewegungsschwierigkeit und Reaktionszeiten bzw. Fehlerhäufigkeiten	109
III. Signal-Antwort-Ähnlichkeitsbeziehung und Handlungsunterbrechung	111
1) Reaktionszeiten	111
2) Fehlerhäufigkeiten	111
IV. Bewegungsschwierigkeit und Handlungsunterbrechung	111
1) Reaktionszeiten	111
2) Fehlerhäufigkeiten	111
V. Funktion eines für die Vp bedeutungslosen Zusatz-Signals	112
E. INTERPRETATION	113
I. Einfluß unterdrückter Handlungen auf den Unterbrechungseffekt	113
1) Reaktionszeiten	114
2) Fehlerhäufigkeiten	116

3) Zusammenfassung der ermittelten Befunde zum Einfluß unterdrückter Handlungen auf den Unterbrechungseffekt	119
II. Signal-Antwort-Ähnlichkeitsbeziehung und Modellvorstellungen	119
III. Bewegungsschwierigkeit und Modellvorstellungen	120
IV. Zusatz-Signal und Modellvorstellungen	122
F. ZUSAMMENFASSUNG	123

U N T E R S U C H U N G E

ÜBERPRÜFUNG DER VARIABLE: ÜBUNGSGRAD DER VERSUCHSPERSONEN

A. VORAUSSETZUNGEN, HYPOTHESEN	125
B. METHODE	127
I. Allgemeine Anordnung	127
II. Spezielle Anordnung	127
C. ERGEBNISSE	128
I. Häufigkeit unterbrochener Reaktionen	128
II. Übungsgrad der Vpn und Unterbrechungseffekt	129
1) Einfluß der Handlungsunterbrechung auf die Reaktionszeiten in verschiedenen Übungsstadien	129
2) Einfluß der Handlungsunterbrechung auf die Fehlerzahlen in verschiedenen Übungsstadien	130
3) Individueller Zusammenhang von Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg	132
4) Einfluß der Variable Signal/Antwort-Ähnlichkeit, Bewegungsschwierigkeit und Handlungsunterbrechung auf Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten in verschiedenen Übungsstadien	134

D. DISKUSSION	136
I. Übungsgrad und Reaktionszeit bzw. Fehlerhäufigkeit	136
II. Übungsgrad und Unterbrechungseffekt	136
E. INTERPRETATION	137
F. ZUSAMMENFASSUNG	138

U N T E R S U C H U N G F

MERKMALE DER BEWEGUNGSGESCHWINDIGKEIT BEI NICHT UNTERBROCHENEN UND UNTERBROCHENEN TÄTIGKEITEN

A. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	139
B. METHODE	141
I. Allgemeine Anordnung	141
II. Apparatur	141
III. Registrierung der Bewegungsgeschwindigkeit	142
IV. Durchführung der Versuche, Versuchspersonen	143
C. ERGEBNISSE	144
I. Häufigkeit der trotz Unterbrechungssignal erfolgten Reaktionen	145
II. Bewegungsablauf	146
D. DISKUSSION	149
I. Verlauf nicht unterbrochener Bewegungen	149
II. Verlauf unterbrochener Bewegungen	150
E. INTERPRETATION	151
F. ZUSAMMENFASSUNG	151

<u>ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION ALLER UNTERSUCHUNGEN</u>	153
---	-----

<u>ZUSAMMENFASSUNG ALLER UNTERSUCHUNGEN</u>	157
---	-----

<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	159
-----------------------------	-----

<u>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG</u>	
----------------------------------	--

<u>LEBENS LAUF</u>	
--------------------	--

<u>TABELLARISCHER ANHANG</u> (2. Band)	
--	--

Liegt beim Verf. vor und wird auf Anfrage zugestellt.

* * *

Abkürzungen

Vl	=	Versuchsleiter
Vp(n)	=	Versuchsperson(en)
SS	=	Start-Signal
US	=	Unterbrechungs-Signal
ZS	=	Zusatz-Signal ohne Bedeutung
RZ	=	Reaktionszeit
BZ	=	Bewegungszeit
F %	=	Fehlerprozent
$\bar{x}$ und $\bar{X}$	=	Mittelwerte
(s)	=	fast signifikant (p kleiner als 0,10)
* = s	=	signifikant (p kleiner als 0,05)
* * = ss	=	sehr signifikant (p kleiner als 0,01)

EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Das Handeln des Menschen war schon immer ein Hauptgegenstand psychologischer Forschung. Dabei interessierten gleichermaßen die Bedingungen, die für die Vorbereitung und Aufnahme von Tätigkeiten einerseits, für deren Durchführung und Beendigung andererseits verantwortlich sind. Aus methodischen Gründen wurden jedoch vor allem diejenigen Prozesse untersucht, die den auftretenden Handlungen mehr oder weniger lange vorangehen.

Variiert nämlich die Dauer dieser einleitenden Prozesse in der Größenordnung von Minuten und darüber, führen Arbeiten mit einer diesbezüglichen Fragestellung bereits zu aufschlußreichen Ergebnissen, wenn sie allein die Introspektion der Versuchspersonen (Vpn) in Anspruch nehmen. Entziehen sich dagegen die interessierenden Vorgänge - etwa infolge ihrer Kürze oder Schnelligkeit - der Selbstbeobachtung, so ist über sie insofern etwas in Erfahrung zu bringen, als unter systematisch wechselnden Bedingungen ihre zeitlichen Komponenten ermittelt werden. Der Reaktionsversuch, in dem das Individuum auf Kommandos bestimmte Verrichtungen ausführen muß, ist für derartige Experimente das nächstliegende Beispiel. Der Umstand, daß die verlangten Tätigkeiten selbst oft nur von minimaler Dauer sind, verändert nicht prinzipiell ihren Charakter als Handlung im üblichen Sinne.

Auch unsere Experimente stellen Reaktionsversuche dar. Die ausgeführten Reaktionen waren motorische Handlungen sehr einfacher Art.

Die Untersuchungen zur Reaktionszeit gehören zu den ersten der experimentellen Psychologie. Seit der Heranziehung informationstheoretischer Begriffe zu Beginn der fünfziger Jahre sind weitere zahlreiche Arbeiten erschienen, so daß deren Gesamtheit nur noch schwer zu überblicken ist. Dennoch scheint es, als habe eine Art "qualitativer Aspekt" zu wenig Beachtung gefunden; zwar sind viele Faktoren bekannt, die auf eine Reaktionszeit Einfluß haben, doch fehlt weitgehend eine Theorie darüber, was im einzelnen in dem Zeitraum geschieht, der zwischen dem Kommando zum Ausführen und dem Beginn einer Handlung liegt.

Die vorliegenden Untersuchungen liefern dazu einen Beitrag. Sie beschäftigen sich mit der Aufklärung jener Ereignisse, die Signale und Antworten in Reaktionsversuchen miteinander verbinden.

Die den Experimenten zugrundeliegenden Überlegungen gehen auf das durch v. WEIZSÄCKER (1947) eingeführte, später von CHRISTIAN (1948), v. HOLST & MITTELSTAEDT (1950) erweiterte cyclomorphe Prinzip von Handlung und Motorik zurück, auf Grund dessen die motorischen Vollzüge einschließlich der ihnen vorangehenden Prozesse "unmittelbar zurückempfunden" werden; "Bewegungsintention, ideatorischer Entwurf, Innervation und durchgeformte Bewegung stehen mit den entsprechenden Wahrnehmungen in kreisartigen Prozessen gegenseitigen Sich-Bedingens" (WEGENER 1963).

Es war anzunehmen, daß eine Störung dieses Wirkungsgefüges Erscheinungen hervorrief, die einige Schlüsse auf die interessierenden Vorgänge erlauben würden.

Befunde der Literatur legten es nahe, die Handlungen durch Unterbrechung zu stören. So hatte WINSEMIUS (1963) einen Zusammenhang zwischen der Unterbrechung von Tätigkeiten und dem Unfallgeschehen beobachtet. Auch aus früheren Untersuchungen, besonders aus der Schule LEWINS (OVSIANKINA 1926, ZEIGARNIK 1927) ist bekannt, daß Handlungsunterbrechungen zu ganz spezifischen Effekten führen können.

Dementsprechend wurden in den vorliegenden Experimenten die Handlungen in jener Zeit "unterbrochen", die zwischen der Darbietung eines Signals und dem Einsetzen der antwortenden Bewegung vergeht. Die Vpn hatten also eine Tätigkeit zu unterbrechen (oder besser: zu unterdrücken), die sie gerade erst beginnen wollten.

Auf Grund der Resultate eines ersten Versuches wurden bestimmte Vorstellungen entwickelt mit dem Ziel einer Erklärung der erhaltenen Befunde. Sie erlaubten die Ableitung von Hypothesen, die in weiteren Untersuchungen geprüft wurden.

Nachfolgend wird eine Schilderung dieser Untersuchungen im einzelnen gegeben.

STAND DES PROBLEMS

Weder Reaktionszeit-Messungen noch Experimente zur Handlungs-Unterbrechung stellen für sich genommen thematisch oder methodisch etwas Neues dar.

Der Vielzahl von Reaktionsversuchen und der damit verbundenen Fülle von experimentellem Material stehen jedoch relativ wenige Anfänge einer Theorienbildung gegenüber. Die bereits entworfenen Modelle, die in der Regel auf die zentral ablaufenden Prozesse in Wahl-Situationen abgestimmt sind, zerfallen nach FITTS et al. (1963) in zwei Klassen:

- 1) Modelle des Suchens: Das ankommende Signal wird identifiziert durch Vergleich mit gespeicherten Mustern. Dieser Vergleich benötigt im Mittel mehr Zeit, je weniger es im Verlauf der Suche gelingt, die gespeicherte Information zu finden (CHRISTIE & LUCE 1956, RAPOPORT 1959, DILLON 1966).
- 2) Modelle der reihenweisen Klassifikation: Das Individuum fällt mehrere binäre Unterentscheidungen, von denen jede die gleiche Zeit benötigt. Auf Grund der ersten wird entschieden, ob Signal und Antwort sich in der einen Hälfte aller Möglichkeiten befinden, mit der zweiten, ob sie in der einen Hälfte dieser Hälfte liegen usw. (HICK 1952, STONE 1960).

Das Prinzip der reihenweisen Klassifikation ist durchaus nicht neu. DÜKER (1925, 1933) verwirklichte es bereits bei der Überprüfung des ACHschen Gesetzes von der "speziellen Determination", das besagt: "Je spezieller eine Willenseinstellung ist, desto schneller und sicherer wird die ihr entsprechende Handlung realisiert" (DÜKER 1933, S.659). Die Vpn mußten unterschiedlich spezielle Aufgaben lösen, indem sie etwa in einer dargebotenen Silbe einen Buchstaben durch irgendeinen anderen Buchstaben (allgemeine Aufgabe) oder einen Konsonanten ersetzen sollten, der unterzeilig geschrieben und stimmhaft gesprochen wird (spezielle Aufgabe). Die Zeitdauer zum Lösen der Aufgaben nahm mit derer Speziellerwerden ab. Als Erklärung dafür wurde die verschieden starke Konkurrenz der Lösungsmöglichkeiten angeführt. Beim Lösen einer allgemeinen Aufgabe war die Anzahl der Lösungsmöglichkeiten groß; "es konkurrierten also viele Möglichkeiten, wenn sich die Vp für einen (beliebigen; der Verf.) Buchstaben zum Einsetzen entscheiden mußte. Dadurch wurde die Entscheidung schwierig und die Reaktionszeit verlängert" (DÜKER 1933, S. 662). Umgekehrt wurden der Vp bei der Lösung spezieller Aufgaben zahlreiche klassifizierende Entscheidungen durch die Instruktion abgenommen; eine

Reihe von Lösungsmöglichkeiten schied von vornherein aus, wodurch die Reaktionszeit kürzer wurde. Aus derartigen Überlegungen wurde später die Informationstheorie entwickelt.

Grundsätzlich ist es nicht unmöglich, beide Arten von Modellen zu vereinigen. Die Reaktionszeit wäre dementsprechend die Folge eines Zwei-Stufen-Prozesses, der sich zusammensetzt aus der Zeit zur Suche gespeicherter Information und derjenigen für Entscheidungen.

Da die Modelle unter 2) eher Aussagen über das gegenseitige Verhältnis von Fehlerhäufigkeit und Reaktionszeit erlauben, ist ihnen der Vorzug zu geben.

Dennoch sind sie ebensowenig wie die zuerstgenannten konkret genug, um ein Entscheidungs-Experiment ansetzen zu können. Auch die von uns vorgeschlagenen Ansichten entsprechen ihnen in den Grundzügen, nehmen jedoch auf einen Gegenstand Bezug, der in beiden Modellen gleichermaßen Platz finden würde. Darauf wird später noch einzugehen sein.

Weniger oft als die Reaktionszeit wurde das Unterbrechen von Tätigkeiten untersucht, doch sind auch hierzu einige Arbeiten erschienen. BUTTERFIELD (1964) gibt darüber ein Sammelreferat. Neuere Ansätze stammen von WINSEMIUS (1963) und MOOG (1964). Allen bekanntgewordenen Untersuchungen ist gemeinsam, daß zur Kontrolle der auftretenden Effekte auf Verhaltensäußerungen zurückgegriffen wurde, die nicht mit den unterbrochenen Tätigkeiten identisch waren und meist nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit ihnen standen.

Im Gegensatz dazu haben wir uns die Aufgabe gestellt, die Auswirkungen einer Unterbrechung auf die gerade ausgeübte Handlung selbst zu untersuchen.

Versuche mit einer solchen Fragestellung sind in der Literatur außerordentlich selten. HAMMER (1914) erforschte hauptsächlich "das äußere Gelingen der Unterdrückung einer vorbereiteten Willenshandlung" (LINDWORSKY 1923, S. 178). Die Aufgabe der Vp bestand darin, beim Durchgang eines künstlichen Sternes durch ein Fadenkreuz eine Taste loszulassen. Manchmal erlöschte dieser Stern, der mit einem Pendel schwang, vor dem Erreichen des Fadenkreuzes. In diesen Fällen sollten die Vpn nicht reagieren. Auf diese Weise ermittelte er eine "Zeitschwelle der möglichen Impulshemmung" (HAMMER 1914, S. 327), die zwischen den Werten 12.7 und 33.3/100 sec variierte.

Recht aufschlußreich verlief eine Betrachtung derjenigen Reaktionen, die trotz der Aufforderung zur Unterdrückung erfolgten. Bei langsamem Tempo des Pendels setzten sie durchschnittlich etwas früher ein als die unbeeinflußt ablaufenden. Durchlief der Stern dagegen relativ schnell das Fadenkreuz, stellte sich umgekehrt eine Verzögerung ein. Bei noch höherer Geschwindigkeit verschwand die Differenz. "Dies zeigt, wie die normale hemmende Wirkung, die vom Verlöschen ausgeht, auch da, wo sie nicht imstande ist, die Bewegung völlig zurückzuhalten, sie in ihrem Ablauf wenigstens deutlich zu verzögern vermag" (HAMMER 1914, S.357), eine Erklärung, die freilich nur den einen Teil der Beobachtungen deckt. Gleiches gilt für die Interpretation der vorzeitigen Reaktionen als "Tuschzuckungen" der vom Verlöschen hervorgerufenen Schreckwirkung. Manchmal waren nämlich die Vpn der Ansicht, nicht trotz des Verlöschens reagiert zu haben, sondern vielmehr gerade wegen des Verlöschens. Durch diesen Schreck über das plötzliche Verlöschen könnte sich der "Impuls früher auslösen, als er es beim ungestörten Versuch getan hätte; oder hat er bereits eingesetzt, als der Stern verlöschte, so kann noch eine nachträgliche Steigerung der Innervation auftreten" (HAMMER 1914, S.357).

Mit verbesserter Methode sind diese Experimente von Flora FLACHSBART-KRAFT (1930) fortgesetzt worden. Hier mußte bei Koinzidenz eines auf einer Kymographiontrommel rotierenden Punktes mit einem Fadenkreuz reagiert werden. Dagegen sollte nicht reagiert werden, wenn die Trommel vor Erreichen der Koinzidenz stehenblieb. Durch Variation des Abstandes, in dem der Beobachtungspunkt vor Erreichen der Koinzidenz anhielt, wurde die Zeit bestimmt, die "eben hinreicht, um einen willkürlich gesetzten motorischen Impuls zu unterdrücken, zu hemmen" (FLACHSBART-KRAFT 1930). Diese "Hemmungszeit" belief sich auf durchschnittlich 11,5 bis 13/100 sec.

Die Autorin unternahm jedoch keine Schritte, um über eine bloße Auszählung hinaus die Fehlreaktionen eingehender zu analysieren.

Gerade diesem Aspekt gelten die von uns durchgeführten Experimente. Sie fußen jedoch nicht auf Durchgangsbeobachtungen, sondern auf Reaktionsversuchen der üblichen Art.

Diese unterscheiden sich von Durchgangsbeobachtungen in folgenden wesentlichen Punkten:

- a) Ungewißheit über die jeweils erforderliche Handlung (Durchgangsbeobachtung: Reaktionen genau festgelegt).
- b) Instruktion, möglichst schnell zu handeln (Durchgangsbeobachtungen: Instruktion, in einem bestimmten, vorher vereinbarten Augenblick zu reagieren, dessen Herannahen wahrgenommen wird).

Niemals zuvor sind unseres Wissens Reaktionsversuch und Reaktions-Unterdrückung experimentell miteinander kombiniert worden. Bisher unbekannt sind auch die dabei aufgetretenen Effekte, über die später berichtet wird.

Es darf wiederholt werden, daß das erste Ziel der Versuche darin besteht, das Verhalten in Reaktionsversuchen durch eine Handlungsunterbrechung (der noch nicht begonnenen Reaktionen!) zu stören und dadurch Aufschluß über die Vorgänge zu gewinnen, die sich während der Reaktionszeit abspielen. Eingehender analysiert werden vor allem diejenigen Handlungen, die trotz der Aufforderung zur Unterbrechung erfolgen.

Im Verlauf der Versuche und deren Darstellung wird diese Zielsetzung auf Grund bestimmter Resultate weiterentwickelt und abgeändert.

Wie aus dem oben gegebenen Überblick früherer Arbeiten hervorgeht, kann im Zuge der Gesamtdarstellung praktisch auf keine direkt vergleichbare Untersuchung zurückgegriffen werden. Bei der Erörterung methodischer Details und der Diskussion einzelner Befunde wird dagegen die relevante Literatur möglichst vollständig herangezogen.

U N T E R S U C H U N G A

A. METHODE

I. Allgemeine Anordnung

Die Aufgabe der Vpn bestand in einer Wahlreaktion. Auf eines von zwei Signalen hatten sie entweder die Bewegung A (= Ziehen eines geraden Striches) oder die Bewegung B (= Wellenlinie) unverzüglich auszuführen.

Erschien jedoch mit einem der Start-Signale noch ein weiteres Signal, war das ein Zeichen zum sofortigen Abbruch der begonnenen oder beabsichtigten Bewegung.

II. Versuchs-Reihen und Apparatur

Durch Kombination optischer und akustischer Signale für Start und Unterbrechung ergaben sich vier Versuchs-Reihen:

Reihe 1 Start-Signal (SS):optisch
 Unterbrechungs-Signal (US):optisch

In Augenhöhe der Vp befanden sich auf einem undurchsichtigen Schirm drei 220 V-Glimmlampen, zwei kleinere nebeneinander (Start-Signal), eine dritte in der Mitte darunter (Unterbrechungs-Signal).

Reihe 2 Start-Signal: optisch
 Unterbrechungs-Signal: akustisch
Als Unterbrechungs-Signal diente eine Schnarre.

Reihe 3 Start-Signal: akustisch
 Unterbrechungs-Signal: akustisch
Start-Signale stellten Klingel und Schnarre des BETTENDORFF-T-48-Reaktionsgerätes dar. Unterbrechungs-Signal wie in Reihe 2. Beide Schnarren konnten sicher voneinander unterschieden werden.

Reihe 4 Start-Signal: akustisch
 Unterbrechungs-Signal: optisch

Start-Signal wie in Reihe 3, Unterbrechungs-Signal wie in Reihe 1.

In den Reihen 1 und 4 durften die Vpn den Blick nicht zur Kontrolle ihrer Bewegungen vom Signal-Schirm abwenden. Nur so war gewährleistet, daß auch nachfolgende Signale wahrgenommen wurden.

Die Dauer der Start-Signale wurde durch den Beginn der Bewegung begrenzt; die Exposition des Unterbrechungs-Signales währte ca. 1 sec.

Die Reaktionszeit (RZ) wurde mit Hilfe einer Uhr gemessen, die mit dem Erscheinen des Start-Signales anließ und stoppte, wenn die Vp ihren Stift von einer Metall-Leiste (Startlinie) entfernte.

Die einzelnen Meßwerte konnten in Einheiten von Hundertstel-Sekunden abgelesen werden. Die Genauigkeit der Uhr (Fabrikat: JUNGHANS, 220 V-Wechselstrom) lag bei 1-2 %.

III. Intervallgrößen zwischen Start-Signal und Unterbrechungs-Signal

Der Abstand, in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal folgte, konnte stufenweise variiert werden.

Folgende Intervalle waren vorgesehen:

Intervall	0,00 sec	(Start-Signal und Unter-
	,04 sec	brechungs-Signal simultan)
	,10	
	,15	
	,20	
	,30	
	,40	
	,50	
	,60	

Durch Umlegen eines Schalters war es möglich, das Unterbrechungs-Signal mit einer dieser Zeitspannen dem Start-Signal auch voraneilen zu lassen. ("Mit Voreilung unterbrochen" bezeichnet im folgenden also die Bedingung Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal, während "mit Verzögerung unterbrochen" Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal bedeutet).

IV. Versuchspersonen

Als Vpn stellten sich 7 weibliche und 4 männliche (N=11) Studierende verschiedener Fakultäten im Alter von 19 bis 26 Jahren zur Verfügung. Für ihre Teilnahme wurden sie bezahlt.

V. Aufbau, Durchführung und Ablauf der Versuche

Die Vp (Einzelversuch) befand sich in einem gegen Straßenlärm weitgehend abgeschirmten Raum. Der Versuchsleiter (VL) saß in einem Nebenraum und regelte von dort aus den Ablauf der Versuche.

Auf Grund eines vorher ausgearbeiteten Programmes wurde pro Versuchs-Reihe in zufälliger Folge 45 mal je eines der Start-Signale geschaltet. Von diesen 90 Start-Signalen waren 40 von einem Unterbrechungs-Signal begleitet. Vorkommen des Unterbrechungs-Signales überhaupt, Intervallgröße, Voreilung oder Verzögerung zum Start-Signal variierten von Fall zu Fall zufällig.

Dem eigentlichen Start-Signal ging jeweils ein Vorsignal voraus. Das Intervall zwischen Vorsignal und Start-Signal betrug möglichst konstant 1 sec (TELFORD 1931, KLEMMER 1956, KARLIN 1959). Nach dem Ausführen einer Bewegung verblieben der Vp 8 bis 10 sec bis zum nächsten Vorsignal, die der Versuchsleiter dazu benutzte, die Reaktionszeit abzulesen und einzutragen sowie die nächstfolgende Signalkonstellation vorzubereiten (Signal A oder B, Zu- oder Abschalten des Unterbrechungs-Signales, Einstellung des gewünschten Intervalles, Voreilung oder Verzögerung).

Die vier Versuchs-Reihen wurden in einem Lateinischen Quadrat (FISHER 1953, S.80) angeordnet. Dadurch sollte der Übungsanstieg von Reihe zu Reihe ausgeschlossen werden, vorausgesetzt, daß diesbezüglich nur unbedeutende interindividuelle Differenzen bestanden. Die Permutation ist allerdings in Ermangelung einer zwölften Vp nicht vollständig.

Zu Beginn jeder neuen Reihe wurden zusätzlich 12 bis 15 Versuche zur Überprüfung des Instruktionsverständnisses und zur Eingewöhnung durchgeführt. Die Vpn wurden wie folgt instruiert (Reihe 2 als Beispiel):

"Auf ein leises Glockenzeichen" (das Vorsignal) "konzentrieren Sie sich bitte auf's Äußerste: In den folgenden Augenblicken wird entweder das linke oder rechte der kleinen Birnchen aufleuchten. Leuchtet das linke Licht auf, beginnen Sie unverzüglich damit, eine Wellenlinie, leuchtet das rechte auf, einen Strich möglichst schnell quer über das ganze Blatt zu ziehen. Manchmal wird mit dem Aufleuchten des rechten oder linken Lichtes eine Schnarre ertönen. Das ist für Sie das Zeichen zum sofortigen Abbruch der begonnenen oder beabsichtigten Bewegung."

Für die übrigen Versuchs-Reihen galt die gleiche Instruktion mit Abweichungen lediglich in den Punkten, die die Spezifität von Start- und Unterbrechungs-Signal betrafen.

Jede Versuchs-Reihe dauerte 30 Minuten. Für jede Sitzung, in der alle vier Reihen hintereinander durchgeführt wurden, waren deshalb 2,5 bis 3 Stunden erforderlich. Für einen Reaktionsversuch mag diese Zeit als lang erscheinen, doch berichtete keine Vp über Ermüdungserscheinungen. Einmal wurden zwischen den einzelnen Reihen ca. 10-minütige Pausen eingelegt, zum anderen nahm die eigentliche Versuchstätigkeit ja nur relativ wenig Zeit in Anspruch.

B. ERGEBNISSE

I. Anzahl der trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten Reaktionen

Unter der Voraussetzung strikter Instruktionsbefolgung waren für die Fälle von Voreilung des Unterbrechungs-Signales vor dem Start-Signal keinerlei Bewegungen zu erwarten. Tatsächlich ergaben sich jedoch folgende Resultate (siehe Tabelle 1a).

Tabelle 1a: Mittlere Prozentsätze der trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten Reaktionen unter Berücksichtigung des Abstandes in sec (Spalten), in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal voran-eilte; Aufgliederung in die vier Versuchs-Reihen und deren Mittelwert (Zeilen). - bedeutet: In dem betreffenden Abstand wurde das Unterbrechungs-Signal nicht gegeben.

Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal in sec

		0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.04
Reihe 1	SS opt. US opt.	0	0	20,0	16,7	36,0	-	31,2	33,3
Reihe 2	SS opt. US aku.	-	-	-	57,1	30,8	20,0	37,5	50,8
Reihe 3	SS aku. US aku.	0	50,0	0	25,0	21,4	62,5	47,5	42,9
Reihe 4	SS aku. US opt.	33,3	50,0	50,0	42,9	55,6	0	26,3	31,0
$\bar{X}$		16,7	41,7	25,0	37,5	31,9	40,0	37,4	41,7

Erläuterung:*) Wurde in Versuchs-Reihe 3 das Unterbrechungs-Signal mit 0,5 sec Voreilung vor dem Start-Signal gegeben, erfolgte in 50,0 % aller Fälle eine Reaktion.

Wahrscheinlicher war das Auftreten von Reaktionen in den Fällen, in denen das Unterbrechungs-Signal erst nach dem Start-Signal erschien. Dies gilt besonders für eine relativ große Verzögerung des Unterbrechungs-Signales hinter dem Start-Signal, wo das Unterbrechungs-Signal praktisch mit dem Bewegungsbeginn zusammenfiel. Die Ergebnisse bestätigen diese Vermutung (siehe Tabelle 1b).

*) Unter "Erläuterung" wird hier und bei allen folgenden Tabellen ein Beispiel für das Lesen der Tabelle gegeben.

Tabelle 1b: Mittlere Prozentsätze der trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten Reaktionen unter Berücksichtigung des Abstandes in sec (Spalten) in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal folgte; Aufgliederung in die vier Versuchs-Reihen und deren Mittelwert (Zeilen)

Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal in sec

		0.00	0.04	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50
Reihe 1	SS opt.	57,1	58,3	60,0	70,5	64,2	70,5	85,7	100
	US opt.								
Reihe 2	SS opt.	75,0	76,0	73,5	94,9	83,8	89,3	-	-
	US aku.								
Reihe 3	SS aku.	52,7	54,5	70,9	68,6	75,4	80,5	75,0	-
	US aku.								
Reihe 4	SS aku.	32,5	100	52,7	65,4	68,7	80,4	87,5	50,0
	US opt.								
$\bar{x}$		56,7	71,4	65,0	74,1	72,2	80,6	85,4	80,0

Erläuterung der Tabelle: Wurde in Versuchs-Reihe 3 das Unterbrechungs-Signal mit 0,4 sec Verzögerung hinter dem Start-Signal gegeben, erfolgte in 75,0 % aller Fälle eine Reaktion.

Die Werte der Tabellen 1a und 1b sind in Abb.1 graphisch veranschaulicht. (Gestrichelte Linie hier wie in den folgenden Abbildungen nach Freihandausgleich)

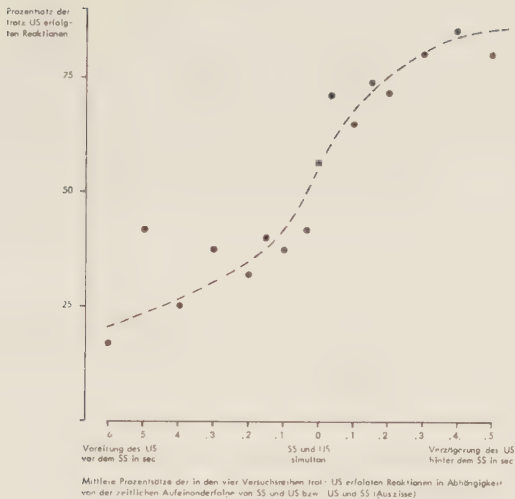


Abb. 1*)

Tabellen und Abbildung zeigen, daß bei simultan exponiertem Start-Signal und Unterbrechungs-Signal durchschnittlich in etwa der Hälfte aller Fälle das Unterbrechungs-Signal nicht berücksichtigt wird. Selbst bei relativ großer Voreilung des Unterbrechungs-Signales vor dem eigentlichen Start-Signal kommt es noch verhältnismäßig oft zum Handlungsbeginn. Diese Reaktionen treten also entgegen der Bedeutung des Unterbrechungs-Signales auf, dessen Wahrnehmung zu einem Verharren im Stillstand führen müßte.

Ohne auf die zugrundeliegenden Prozesse vorerst näher eingehen zu wollen, sollen sie fortan "Praevalenz-Reaktionen" (von lat. praevalens = übermächtig) genannt werden. Dieser Name kennzeichnet den Sachverhalt recht treffend. Auch der aus gänzlich anderem Zusammenhang bekannte Ausdruck "Durchbrenner" würde die wesentlichen phänomenologischen Gesichtspunkte dieser Reaktionen beinhalten. HADORN (1955, S.14) definierte als "Durchbrenner" nämlich solche Ausnahmeindividuen, die "trotz ihrer letalen Konstitution.. die Entwicklungskrise überwinden und sich weiterentwickeln". Im folgenden werden beide Bezeichnungen synonym gebraucht.

*) Für die Anfertigung der Photo-Vorlagen danke ich den Techn. Mitarbeiterinnen Frä. T. WILHELM und Frau S. SONNEWEND.

Es sei angemerkt, daß die in Tabelle 1 aufgeführten Zahlen Minimalwerte darstellen, denn als Praevalenz-Reaktionen wurden nur Bewegungen einer bestimmten Mindestgröße (ab ca. 2 mm Länge) gewertet. Daneben wurden aber im Gefolge der Kombinationen von Start-Signal und Unterbrechungs-Signal noch mehrfach unspezifische Zuckungen geringen Umfangs registriert. Bei Berücksichtigung derselben würden sich die Tabellen-Werte durchschnittlich um etwa 2 bis 5 % erhöhen.

II. Fehlreaktionen

Grundsätzlich stellen alle Durchbrenner-Reaktionen eine Art Fehlverhalten dar, erfolgen sie doch dem Signal zur Unterdrückung der Handlungsimpulse zuwider.

Zweifellos wird ein Teil dieser praevaletenten Reaktionen jedoch durch spezielle Umstände der Versuchsanordnung bedingt. So hat ein Signal, das wenige Hundertstel-Sekunden vor dem eigentlichen Beginn der Bewegung erscheint, praktisch keine Chance mehr, beachtet zu werden, denn erfahrungsgemäß werden allein für die sensorische und motorische Leitung von Reiz bzw. Reaktion etwa zwei Drittel der Zeit einer Einfach-Reaktion benötigt. (MONJÉ 1934, ermittelte für den motorischen Anteil einer Einfach-Reaktion den Betrag von 15/100 sec!) Es erweist sich deshalb als zweckmäßig, von den Durchbrenner-Reaktionen, deren Zustandekommen ja experimentell provoziert wurde, andere Fehlreaktionen zu trennen, die der Instruktion zuwider erfolgten. Zur Klassifizierung derartiger Fälle wurden folgende Kriterien herangezogen:

- a) Verwechseln der Instruktion (statt der Wellenlinie wurde ein Strich ausgeführt und umgekehrt).
- b) Die Wellenlinie zeigt einen ungenügenden Anfangsanstieg oder beginnt erst nach kurzer waagerechter Linie mit unvermittelt steilem Anstieg.
- c) Der Strich beginnt erst nach Aufwärtsbewegung des Stiftes mit einem scharfen Knick ins Waagerechte.

Reaktionen, die eines dieser Merkmale enthalten, werden fortan (die eigentlichen) "Fehlreaktionen" oder "Fehler" genannt.

1) Häufigkeit der Fehler bei Reaktionen mit und ohne Unterbrechungs-Signal

Nachfolgende Abbildung 2 enthält die mittleren Prozentsätze von Fehlern an der Gesamtzahl aller Reaktionen. Es werden die Fehlerprozent von unbeeinflussten und unterbrochenen Reaktionen gegenübergestellt. Die Mittelwertsvergleiche (WILCOXON-Test, MITTENECKER 1963, S.166) werden getrennt für die vier Versuchs-Reihen und deren Mittelwerte durchgeführt (Werte entnommen der Tabelle I des Anhangs, P kl. 5 % = *, P kl. 1 % = **).

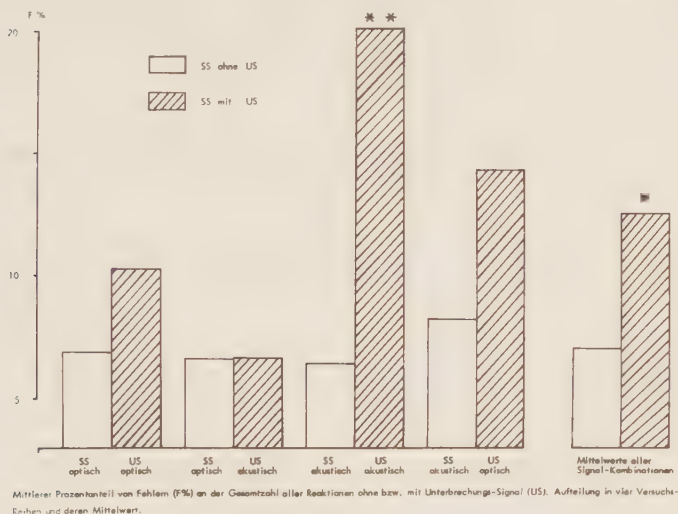


Abb. 2

Erläuterung: In der Versuchs-Reihe mit akustischem Start- und Unterbrechungs-Signal weisen die nicht unterbrochenen Bewegungen 6,5 % Fehler auf, die unterbrochenen dagegen 20,2 %. Der Unterschied zwischen beiden Werten ist hochsignifikant.

In Versuchs-Reihe 4 (Start-Signal akustisch, Unterbrechungs-Signal optisch) besteht eine deutliche (statistische) Tendenz zu vermehrten Fehlern bei unterbrochenen gegenüber nicht unterbrochenen Reaktionen. Der (in Abb. 2 insignifikante) Unterschied zwischen den entsprechenden Fehlerprozentzahlen läßt sich sichern unter Hinzunahme von Resultaten einer anderen Untersuchung, die unter exakt den gleichen Bedingungen mit 4 weiteren Vpn durchgeführt wurde.

Zu beachten ist, daß in allen Versuchs-Reihen das F % der praevalenten jeweils numerisch höher ist als das der unbeeinflussten Reaktionen.

Anschließend wurde berechnet, wie sich die Fehlerprozent der Praevalenz-Reaktionen auf Voreilung- bzw. Verzögerungsintervalle des Unterbrechungs-Signales verteilen (Tabelle 2).

Tabelle 2a: Mittlere Prozentanteile von Fehlern an der Gesamtzahl der trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten Reaktionen unter Berücksichtigung des Abstandes in sec (Spalten), in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal voran-eilte; Aufgliederung in die vier Versuchs-Reihen und deren Mittelwert (Zeilen; Werte entnommen den Tabellen II a-h des Anhangs)

Voreilung des Unterbrechungs-Signales vor dem Start-Signal in sec

		0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,04	$\bar{X}$
Reihe 1	SS opt.	-	-	0/1	4/9	-	3/10	2/10	9/30
	US opt.			0,0	44,4		33,3	20,0	30,0
Reihe 2	SS opt.			0/4	1/8	0/1	2/21	2/30	5/64
	US aku.	-	-	0,0	12,5	0,0	9,5	6,7	7,8
Reihe 3	SS aku.	2/4	-	2/4	3/11	2/5	8/18	8/16	25/58
	US aku.	50,0		50,0	27,3	40,0	44,4	50,0	43,1
Reihe 4	SS aku.	0/1	0/2	1/3	2/5	-	2/5	2/9	7/25
	US opt.	0,0	0,0	33,3	40,0		40,0	22,2	28,0
$\bar{X}$		2/5	0/2	3/12	10/33	2/6	15/54	14/65	46/177
		40,0	0,0	25,0	30,3	33,3	27,8	26,0	26,0

Erläuterung: Bei Verwendung optischer Signale für Start- u Unterbrechung (Reihe 1) erfolgte 9 mal eine Reaktion, wenn das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal um 0,2 sec voraneilte. Vier dieser Bewegungen waren falsch ausgeführt, was einer prozentualen Fehlerhäufigkeit von 44,4 entspricht.

Tabelle 2 b: Mittlere Prozentanteile von Fehlern an der Gesamtheit der trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten Reaktionen unter Berücksichtigung des Abstandes in sec (Spalten), in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal folgte; Aufgliederung in die vier Versuchs-Reihen und deren Mittelwert (Zeilen; Werte entnommen den Tabellen II a - h des Anhangs)

Verzögerung des Unterbrechungs-Signales nach dem Start-Signal in sec

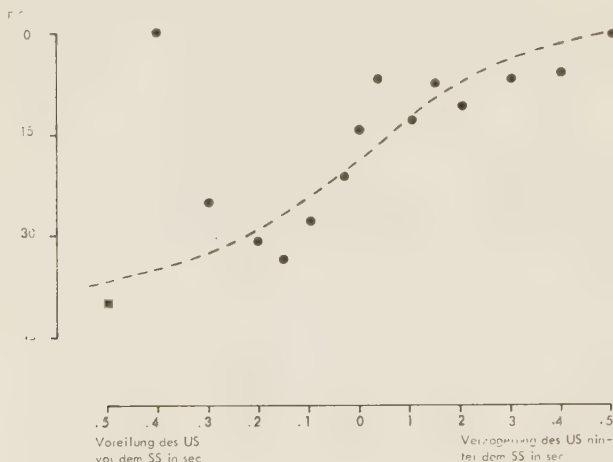
		0,00	0,04	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	$\bar{X}$
1	SS opt.	3/28	2/8	3/44	2/32	4/52	3/43	1/18	0/3	18/228
	US opt.	10,7	25,0	6,8	6,3	7,7	7,0	5,6	0,0	7,9
2	SS opt.	3/47	0/19	3/49	4/37	4/58	1/25			15/235
	US aku.	6,4	0,0	6,1	10,8	6,9	4,0	-	-	6,4
3	SS aku.	8/29	0/6	9/56	0/24	9/52	2/35	0/3		28/205
	US aku.	27,6	0,0	16,1	0,0	17,3	5,7	0,0	-	13,7
4	SS aku.	3/13	1/8	7/29	3/33	8/68	3/38	1/14	0/1	26/204
	US opt.	23,1	12,5	24,1	9,1	11,8	7,9	7,1	0,0	12,8
$\bar{X}$		17/117	3/41	22/178	9/126	25/230	9/141	2/35	0/4	87/872
		14,53	7,32	12,35	7,14	10,82	6,38	5,71	0,0	9,98

Erläuterung: Bei simultaner Exposition von Start-Signal und Unterbrechungs-Signal erfolgten in allen vier Versuchs-Reihen insgesamt 117 Reaktionen. Davon wurden 17 nicht richtig ausgeführt, was einem Prozentsatz von 14,5 entspricht.

Eine graphische Veranschaulichung der Mittelwerte aller Versuchs-Reihen findet sich in Abb. 3 (Werte entnommen den Tabellen 2 a und 2 b, jeweils letzte Zeile).

Aus Abbildung 3 ist zu entnehmen, daß im Mittel aller durchgeführten Versuche der relative Anteil falscher Reaktionen an der Gesamtzahl der Durchbrenner mit zunehmender zeitlicher Vorverlegung des Unterbrechungs-Signales wächst. Während beispielsweise bei einer Verzögerung des Unterbrechungs-Signales von 0,2 sec zum

Start-Signal das F % 10,8 beträgt, steigt es bei simultaner Exposition beider Signale auf 14,5 und erreicht bei 0,2 sec Voreilung des Unterbrechungs-Signales vor dem Start-Signal sogar den Wert 30,3.



Mittlere Anteile von Fehlern an der Gesamtheit der in den vier Versuchs-Reihen erfolgten unterbrochenen Reaktionen in Abhängigkeit von der zeitlichen Aufeinanderfolge von SS und US bzw. US und SS (A: schisse)

Abb. 3

Um den zeitlichen Abstand des Unterbrechungs-Signales vom Start-Signal mit der prozentualen Fehlerhäufigkeit vergleichen zu können, werden Rangkorrelationen nach der SPEARMANSchen Formel (MITTENECKER 1963, S.169) berechnet. Mit den auf diese Weise erhaltenen Koeffizienten konnte näherungsweise die Monotonie des Fehleranstiegs mit zunehmender zeitlicher Vorverlegung des Unterbrechungs-Signales quantitativ ausgedrückt werden.

(Den ersten Rangplatz erhielt bei den Fehlern der höchste, den letzten Rangplatz der niedrigste Wert. Bezüglich der Intervalle wurde der Voreilung des Unterbrechungs-Signales von 0,5 sec vor dem Start-Signal der niedrigste und der Verzögerung von 0,5 sec nach dem Start-Signal der höchste Rangplatz zuerteilt.)

Tabelle 3: Rangkorrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen prozentualer Fehlerhäufigkeit in den Unterbrechungsintervallen und zeitlicher Aufeinanderfolge von Start-Signal und Unterbrechungs-Signal; Aufgliederung in die vier Versuchs-Reihen und deren Mittelwert; Prüfung auf Signifikanz hier wie in allen noch ausstehenden Fällen von Rangkorrelationen einseitig (GUILFORD 1965, S. 593, Table L)

	Versuchs-Reihen				
	1	2	3	4	$\bar{X}$
r'	0,44	-0,09	0,79	0,26	0,67
N	12	11	13	14	15
Statistische Bedeutsamkeit	ns	ns	ss	ns	ss

Besagt die teilweise Signifikanz obiger Koeffizienten nur, daß die relative Zahl der Fehler mit zunehmender zeitlicher Vorverlegung des Unterbrechungs-Signales im Gruppenmittel anstieg, so berücksichtigen die in der nachfolgenden Tabelle 4 zusammengefaßten Ergebnisse von Unterschiedsprüfungen auch die interindividuelle Konsistenz dieses Effektes. Wegen zu niedriger Besetzung einzelner Intervallgrößen wurden jeweils für die Bedingungen "Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal" und "Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal" Mittelwerte der Fehleranteile gebildet und diese miteinander verglichen (WILCOXON-Test).

Wie die Tabelle 4 zeigt, waren in Reihe 3 bei Vorverlegung des Unterbrechungs-Signales vor dem Start-Signal 43,10 % aller Durchbrenner Fehler. Dagegen traten nur 13,67 % Fehler auf, wenn das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal in variierendem Abstand folgte. Der Unterschied zwischen beiden F % ist hochsignifikant.

Außerdem kann geschlossen werden, daß die besondere Fehlerhäufung bei den Praevalenz-Reaktionen der Versuchs-Reihe 3 (vgl. Abb.2) hauptsächlich auf den Reaktionen beruht, die mit Voreilung unterbrochen wurden.

Tabelle 4: Mittlere Prozentanteile von Fehlern an der Gesamtzahl der Praevalenz-Reaktionen; Aufteilung in die Bedingungen Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal und Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal (entnommen Tabelle 2).

Versuchs-Reihen									
1		2		3		4		$\bar{x}$	
US vor SS	US nach SS	US vor SS	US nach SS	US vor SS	US nach SS	US vor SS	US nach SS	US vor SS	US nach SS
30,00	7,89	7,81	6,38	43,10	13,67	28,00	12,75	26,00	9,98
kleiner				0,01				0,01	

Ein F % von 43,1 bedeutet, daß fast jede zweite Reaktion falsch war. Dies ist jedoch eine Aussage über alle stattgefundenen Reaktionen hinweg. Es war deshalb zu prüfen, ob sich interindividuell die Häufigkeit der richtigen von derjenigen der falschen Durchbrenner überhaupt unterscheidet. Dazu wurden die 11 Vpn in zwei Gruppen aufgeteilt, von denen die eine ein F % unter 50, die andere ein F % von gleich/größer 50 aufwies. Unter der Voraussetzung, alle Vpn hätten nur nach Zufall reagiert, dürften sich keine systematischen Häufigkeits-Differenzen feststellen lassen. Tabelle 5 enthält die zugrundeliegenden Prüfdaten (Binomialtest, MITTENECKER 1963, 33-38).

Tabelle 5: Anzahl von Vpn mit einem F % kleiner als 50 und gleich/größer 50 bei allen Praevalenz-Reaktionen unter der Bedingung Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal; Wahrscheinlichkeit für das Verhältnis der Häufigkeiten unter Annahme des Ratens (Erwartungswahrscheinlichkeit richtiger und falscher Reaktionen 0,5)

	Versuchs-Reihen			
	1	2	3	4
F % kleiner 50	7	11	4	5
F % gleich/größer 50	1	0	5	0
p	0,039	0,0005	0,25	0,031

Erläuterung: In Versuchs-Reihe 1 hatten 7 Vpn ein F %, das kleiner als 50 war. Nur eine Vp hatte ein F % von gleich/größer 50. (Die Differenz zu N = 11 erklärt sich dadurch, daß bei 3 Vpn überhaupt keine Durchbrenner bei Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal auftraten.) Für den Fall des zufälligen Reagierens aller Vpn besitzt dieses Verhältnis nur eine Wahrscheinlichkeit von 3,9 %.

In Versuchs-Reihe 3 zeigten fast gleich viele Vpn ein Überwiegen der falschen bzw. richtigen Praevalenz-Reaktionen, wenn dem Start-Signal ein Unterbrechungs-Signal voranging. Damit läßt sich aber nicht ausschließen, daß die niedrigeren F % der einen Gruppe durch Zufall zustande gekommen sind. Es besteht die Möglichkeit, daß die Vpn geraten haben, auch ihre richtigen Reaktionen können Fehler sein, die zufällig den dargebotenen Signalen entsprachen.

2) Reaktionszeit der Fehlreaktionen

Da Reaktionszeiten im allgemeinen positiv-schiefe Verteilungen ergeben (WOODWORTH & SCHLOSBERG 1960, S.39), wurden die abgelesenen Reaktionszeiten in Reziprokwerte umgewandelt. Für die einzelnen Bedingungen wurde anschließend jeweils das "Harmonische Mittel" berechnet (GUILFORD 1956, S.74).

Zunächst wurden die unbeeinflussten Reaktionen untersucht; die mittleren Reaktionszeiten richtiger Reaktionen wurden denen der falschen gegenübergestellt (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Mittlere Reaktionszeit richtiger und falscher Reaktionen in 1/100 sec, jeweils Start-Signal ohne Unterbrechungs-Signal; Aufgliederung in die vier Versuchs-Reihen

	Versuchs-Reihen			
	1	2	3	4
richtig	41,3	39,2	42,9	42,4
falsch	42,2 ^{ss}	42,5	38,8	37,8

Erläuterung: In Versuchs-Reihe 1 erfolgten die richtigen Reaktionen durchschnittlich um 0,9/100 sec schneller als die falschen Reaktionen. Dieser Betrag ist zwar gering, doch sind die Differenzen interindividuell sehr einheitlich. In den drei anderen Versuchs-Reihen zeigen sich keine interpretierbaren Unterschiede.

Die Berechnung der Reaktionszeiten von falschen Durchbrennern erbrachte für die einzelnen Unterbrechungsintervalle und Versuchs-Reihen folgende Mittelwerte (siehe Tabelle 7a und 7b).

Tabelle 7a: Mittlere Reaktionszeiten (in 1/100 sec) falsch ausgeführter Praevalenz-Reaktionen unter der Berücksichtigung des Abstandes in sec (Spalten), in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal voraneilte; Aufgliederung in die vier Versuchs-Reihen und deren Mittelwert (Zeilen; Werte entnommen den Tabellen II e-h des Anhangs)

		Voreilung des Unterbrechungs-Signales in sec (unbeeinfl. Reaktionen)							
			0.50	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.04
Reihe 1	SS opt.								
	US opt.	42,15	-	-	-	22,91	-	21,43	50,89
Reihe 2	SS opt.								
	US aku.	42,53	-	-	-	23,98	-	35,03	23,39
Reihe 3	SS aku.								
	US aku.	38,81	30,72	-	19,19	28,74	17,14	27,13	33,44
Reihe 4	SS aku.								
	US opt.	37,81	-	-	4,00	34,31	-	40,82	21,32
X			30,72	-	8,47	26,39	17,14	27,73	30,58

Erläuterung: Wurde 0.2 sec vor einem akustischen Start-

Signal ein optisches Unterbrechungs-Signal (Reihe 4) gegeben, begannen die Bewegungen, die trotzdem erfolgten und außerdem falsch waren, nach durchschnittlich 34,31/100 sec.

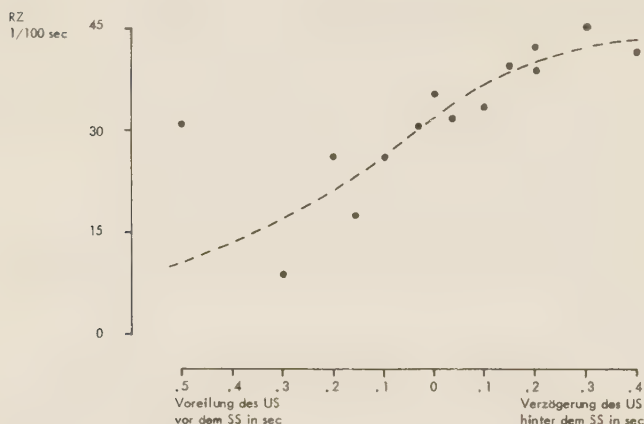
Es sei an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht, daß es sich bei den Mittelwerten der Unterbrechungsintervalle und Versuchs-Reihen jeweils um ein nach der Anzahl vorhandener individueller Meßwerte gewogenes (harmonisches) Mittel handelt (wie aus den Tabellen ersehen werden kann, wo die letzten Zeilen nicht das arithmetische Mittel der vorhergehenden sind). Auf diese Weise wurde der Einfluß einzelner, möglicherweise extremer, Meßwerte niedrig gehalten. Umgekehrt bestimmte eine V_p mit vielen Reaktionen den Mittelwert dieses Intervalles mehr als eine andere mit wenigen.

Tabelle 7b: Mittlere Reaktionszeiten (in 1/100 sec) falsch ausgeführter Praevalenz-Reaktionen unter Berücksichtigung des Abstandes in sec (Spalten), in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal folgte; Aufgliederung in die vier Versuchs-Reihen und deren Mittelwert (Zeilen; Werte entnommen den Tabellen II e - h des Anhangs)

		Verzögerung des Unterbrechungs-Signales in sec						
		0.00	0.04	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Reihe 1	SS opt.							
	US opt.	28.74	27,10	33.71	45.66	35.46	44.58	46.08
Reihe 2	SS opt.							
	US aku.	45.05	-	29.27	42.51	49.38	48.08	-
Reihe 3	SS aku.							
	US aku.	38.42	-	34.79	-	40.36	35.59	-
Reihe 4	SS aku.							
	US opt.	31.25	50.00	32.68	33.48	40.61	54.15	38.02
$\bar{X}$		35.77	31.98	33.07	39.56	38.92	45.07	41.67

Erläuterung: Bei simultaner Exposition von Start-Signal und Unterbrechungs-Signal setzten die falsch ausgeführten Bewegungen im Durchschnitt aller Versuchs-Reihen nach 35,77/100 sec ein.

Die Mittelwerte der Versuchs-Reihen aus den Tabellen 7a und 7b sind in Abbildung 4 graphisch dargestellt.



Mittlere Reaktionszeit der in den vier Versuchs-Reihen trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten falschen Reaktionen als Funktion der zeitlichen Aufeinanderfolge von SS und US bzw. US und SS (Abszisse)

Abb. 4

Aus den Tabellen 7a und 7b sowie der Abb. 4 ist zu ersehen, daß die Reaktionszeit der Fehlreaktionen abnimmt, je schneller das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal nachfolgt bzw. je weiter es diesem vorausgeht.

Die Berechnung von Korrelationen zwischen Reaktionszeit und Unterbrechungsintervall ergab die in Tabelle 8 enthaltenen (Rang-) Koeffizienten (die kürzeste Reaktionszeit erhielt den Rangplatz 1, ansonsten Vorgehen wie in Tabelle 3).

Den Koeffizienten zufolge liegt für die Versuchs-Reihen 1, 2 und 3 sowie den Mittelwert aller Reihen eine Abnahme der gruppenmittleren Reaktionszeit mit wachsender Voraneilung des Unterbrechungs-Signales vor. In der Versuchs-Reihe 4 besteht keine so deutliche Tendenz in gleicher Richtung.

Tabelle 8: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Reaktionszeit falscher Praevalenz-Reaktionen und zeitlicher Aufeinanderfolge von Start-Signal und Unterbrechungs-Signal; Aufteilung in die vier Versuchs-Reihen und deren Mittelwert

	Versuchs-Reihen				
	1	2	3	4	$\bar{X}$
r'	0.60	0.76	0.76	0.49	0.88
N	10	8	10	11	13
Bedeut-samkeit	s	s	ss	ns	ss

Die Verteilung der Fehlreaktionen auf die einzelnen Vpn ist sehr verschiedenartig: Einige Vpn vereinigen auf sich mehr Fehler als andere und weisen falsche Durchbrenner über einen weiten Bereich von Unterbrechungsintervallen auf. Aus diesem Grunde war eine Unterschiedsprüfung der mittleren Reaktionszeiten aus den Bedingungen Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal (siehe Tabelle 7a) und Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal (siehe Tabelle 7b) nur bei der Versuchs-Reihe 3 durchzuführen, weil lediglich hier genügend viele Meßwertpaare vorlagen. Die Differenz der betreffenden Mittelwerte (27,03 und 37,51/100 sec) erwies sich auf Grund des WILCOXON-Testes bei $N = 8$ und $T = 0$ als hochsignifikant. Zumindest teilweise liegt deshalb auch mit einer gewissen interindividuellen Einheitlichkeit die gleiche Tendenz vor, die für den Gruppenn-Durchschnitt über den Korrelationskoeffizienten nachgewiesen wurde.

Ein Vergleich der Abbildungen 3 und 4 läßt eine starke Ähnlichkeit der Verlaufslinien erkennen; die Fehlreaktionen häufen sich, je weiter das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal voraneilt, erfolgen jedoch mit zunehmend kürzerer Latenz. Eine Berechnung diesbezüglicher Korrelationskoeffizienten bestätigt diese Betrachtung (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen prozentualer Fehlerhäufung und Reaktionszeit falscher Durchbrenner in den einzelnen Unterbrechungsintervallen

	Versuchs-Reihen				-
	1	2	3	4	X
r'	0.70	0.29	0.53	0.37	0.84
N	10	8	10	11	13
Bedeut-samkeit	s	ns	ns	ns	ss

Auf diesen Befund ist noch näher einzugehen.

III. Reaktionszeit der richtigen Reaktionen

Nachfolgend werden ausschließlich die Reaktionszeiten der richtigen Reaktionen behandelt, d.h. also derjenigen Tätigkeiten, die - unbeeinflusst oder unterbrochen - nach Abzug der Fehlreaktionen übrigbleiben.

Tabelle 10a: Mittlere Reaktionszeiten (in 1/100 sec) der trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten richtigen Reaktionen unter Berücksichtigung des Abstandes in sec (Spalten), in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal voraneilte; Aufteilung in die 4 Versuchs-Reihen und deren Mittelwert (Zeilen).

In der ersten Spalte zum Vergleich die mittleren Reaktionszeiten aller unbeeinflusst ablaufenden Reaktionen (Werte entnommen Tabellen II a-d des Anhangs)

Voreilung des Unterbrechungs-Signales vor dem Start-Signal in sec

		SS ohne US	0.50	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.04
Reihe 1	SS opt.								
	US opt.	41.25	-	-	8.00	17.34	-	31.91	36.50
Reihe 2	SS opt.								
	US aku.	39.19	-	-	19.25	37.65	51.02	28.09	30.99
Reihe 3	SS aku.								
	US aku.	42.91	15.00	-	16.00	32.88	19.04	25.87	41.80
Reihe 4	SS aku.								
	US opt.	42.43	19.01	39.53	34.84	32.26	-	35.17	33.32
$\bar{X}$			16.14	39.53	18.50	30.72	22.57	28.51	33.46

Erläuterung der Tabelle 10a: Eilte in Versuchs-Reihe 4 das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal um 0,5 sec voraus, so erfolgten die Reaktionen, die trotzdem auftraten, im Durchschnitt 19,0/100 sec nach Darbietung des Start-Signales.

Tabelle 10b: Mittlere Reaktionszeiten (in 1/100 sec) der trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten richtigen Reaktionen unter Berücksichtigung des Abstandes in sec (Spalten), in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal folgte; Aufteilung in die 4 Versuchs-Reihen und deren Mittelwert (Zeilen)

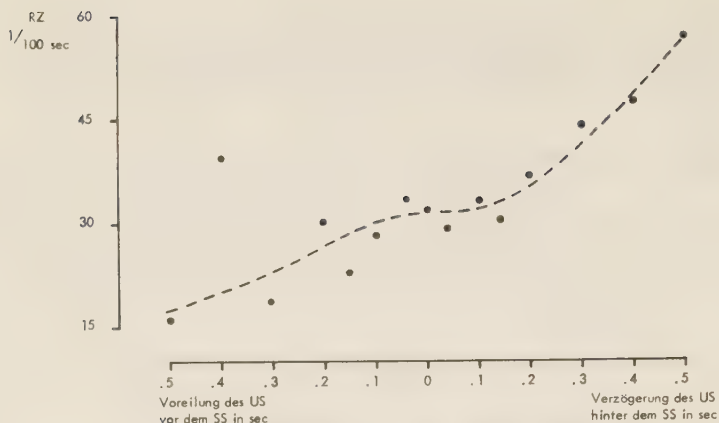
Verzögerung des Unterbrechungs-Signales hinter dem Start-Signal in sec

		0.00	0.04	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50
Reihe 1	SS opt.								
	US opt.	33.15	30.96	32.31	28.89	36.92	45.18	49.29	56.50
Reihe 2	SS opt.								
	US aku.	29.75	26.58	32.19	31.02	34.35	42.86	-	-
Reihe 3	SS aku.								
	US aku.	31.97	31.25	34.69	32.49	40.52	42.94	41.21	-
Reihe 4	SS aku.								
	US opt.	42.30	34.48	34.93	31.62	36.62	42.97	46.97	58.14
$\bar{x}$		31.99	29.15	33.31	30.87	36.79	43.59	47.52	56.90

Erläuterung: In Reihe 1 betrug die mittlere Reaktionszeit der Durchbrenner, die sich bei simultaner Exposition von Start-Signal und Unterbrechungs-Signal einstellen, 33,15/100 sec.

Die Mittelwerte aller Reihen aus den Tabellen 10a und 10b sind in Abb. 5 graphisch wiedergegeben.:

Die Abbildung beinhaltet folgendes: Die Latenz der Bewegungen wird um so niedriger, je kleiner das zeitliche Intervall zwischen Start- und Unterbrechungs-Signal ist. Eine noch weitergehende Verkürzung stellt sich ein, wenn das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal voraneilt.



Mittlere Reaktionszeit in den vier Versuchs-Reihen trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten richtigen Reaktionen als Funktion der zeitlichen Aufeinanderfolge von SS und US bzw. US und SS (Abszisse).

Abb. 5

Zur statistischen Überprüfung dieser Beobachtungen wurden folgende Schritte unternommen:

1) Analog dem Vorgehen bei den falschen Praevalenz-Reaktionen wurden auch für die richtigen Durchbrenner Korrelationskoeffizienten zwischen Reaktionszeit und Unterbrechungsintervall ermittelt. Diese sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Tabelle 11: Korrelationen zwischen den über die Versuchs-Gruppe gemittelten Reaktionszeiten richtiger Reaktionen in den 4 Versuchs-Reihen (und deren Mittelwert) und der zeitlichen Aufeinanderfolge von Start- und Unterbrechungs-Signal

	Versuchs-Reihen				
	1	2	3	4	$\bar{X}$
r'	0.81	0.28	0.76	0.60	0.74
N	12	11	13	14	15
Bedeut-samkeit	ss	ns	ss	s	ss

Die über die 11 Vpn gemittelte Reaktionszeit praevalenter Bewegungen sinkt den Koeffizienten zufolge mit abnehmendem Abstand des Unterbrechungs-Signales zum Start-Signal relativ stetig in den Versuchs-Reihen 1,3 und 4.

Gleiches läßt sich für die Werte der Reihe 2 nicht sagen, in deren Verlauf sich zuviele Unregelmäßigkeiten befinden.

2) Die Reaktionszeiten wurden über alle Vpn und alle Unterbrechungsintervalle gemittelt. Dabei erfolgte lediglich eine Aufteilung in die Bedingungen

a) Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal

b) Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal

Diesen Werten wurden die mittleren Reaktionszeiten aller Reaktionen gegenübergestellt, die durch kein Unterbrechungs-Signal beeinflusst worden waren. Abbildung 6 veranschaulicht die Resultate (Werte entnommen den Tabellen II a-d des Anhangs).

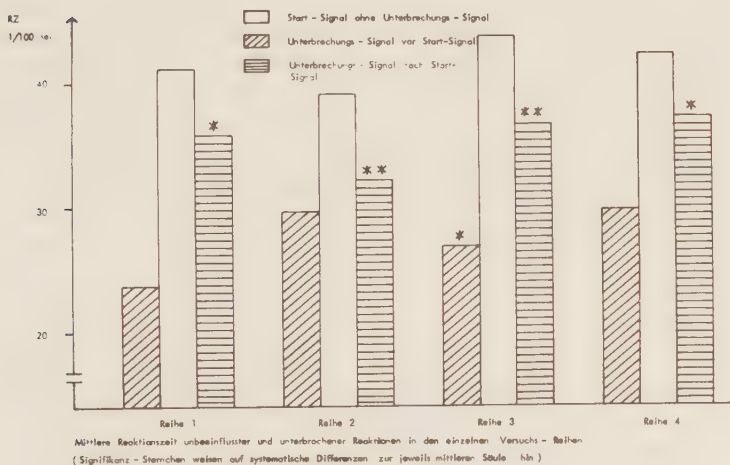


Abb.6

3) Nachdem gezeigt wurde, daß die unterbrochenen Reaktionen insgesamt schneller erfolgen als die unbeeinflussten, war zu prüfen, ob die Unterschiede, die zwischen den einzelnen Intervallen im Gruppenmittel bestehen (siehe Tabelle 10), auch interindividuell einheitlich auftreten. Dazu wurden die einzelnen Intervallgrößen zu Gruppen zusammengefaßt und die zugehörigen Reaktionszeiten gemittelt. Die Werte der beiden größten Intervalle wurden jeweils allen

kleineren gegenübergestellt. Dieses Verfahren wurde getrennt durchgeführt für die Bedingungen

- a) Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal
- b) Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal.

Infolge von Differenzen im Reaktions-Verhalten zwischen den Vpn war nicht mit jeder Vp streng das vorgesehene Programm durchgeführt worden. Hatte etwa eine Vp mehrfach bei gleichzeitiger Exposition von Start-Signal und Unterbrechungs-Signal die Bewegung unterlassen, erschien es wenig sinnvoll, das Unterbrechungs-Signal nun dem Start-Signal voraneilen zu lassen. Umgekehrt erübrigte sich in selteneren Fällen die Verwendung langer Verzögerungs-Zeiten, weil die Vpn beim Erscheinen des Unterbrechungs-Signales schon mit ihrer Bewegung begonnen haben würden. Auf diese Weise entstanden zwischen den Vpn geringfügige Unterschiede hinsichtlich der exponierten Signalkonstellationen. Die Aufteilung in lange und kurze Intervalle erfolgte deshalb nicht an Hand einer vorher festgelegten Intervallgröße, sondern interindividuell verschieden unter Berücksichtigung der Reaktionszeit des Einzelnen. Dadurch wurde vermieden, daß etwa alle Werte einer Vp mit relativ verlängerter oder verkürzter Reaktionszeit der einen Gruppe zufielen. Von jeder Vp wurden die beiden längsten Intervalle herausgegriffen, mit denen eine Unterbrechung noch versucht worden war und wo richtige Praevalenz-Reaktionen vorlagen. Die übrigen Intervalle wurden ihrerseits zu einer anderen Gruppe zusammengefaßt. Die Einteilung konnte etwa bei einer Vp folgendermaßen vorgenommen werden:
 Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal: 0,50 und 0,40 sec im Vergleich zu 0,30, 0,20, 0,15, 0,10, 0,04
 Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal: 0,30 und 0,20 sec, im Vgl. zu 0,15, 0,10, 0,04, 0,00

Tabelle 12: Mittlere Reaktionszeiten (in 1/100 sec) von Durchbrenner-Reaktionen. Gegenüberstellung relativ großer und kleiner Unterbrechungsintervalle; Aufteilung nach Bedingungen
 a) Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal
 b) Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal. Prüfung der Differenzen über WILCOXON-Test (nur Bedingung a), Reihe 3) oder t-Test für korrelierende Stichproben (MITTENECKER 1963, 117-127).

		Versuchs-Reihen			
		1	2	3	4
a) vor	US große Voreilung	20.4	27.9	16.7	29.1
	SS	ns	ns	ss	ns
b) nach	US kleine Verzögerung	34.3	30.4	34.5	36.4
	SS große Verzögerung	(s)	s	s	ns

Erläuterung der Tabelle 12: Folgte in Versuchs-Reihe 2 das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal in einem relativ kurzen Abstand, erfolgten die richtigen Praevalenz-Reaktionen im Mittel nach $30,4/100$ sec. Die Reaktionszeit verlängerte sich auf $34,7/100$ sec bei relativ größerer Verzögerung des Unterbrechungs-Signales hinter dem Start-Signal. Der Unterschied zwischen beiden Mittelwerten ist auf der 5 %-Stufe gesichert.

Für die Bedingung a) - Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal - liegen die mittleren Reaktionszeiten bei relativ großer Voreilung stets unter denen bei geringerer Voreilung. Die Anwendung statistischer Prüfverfahren war jedoch teilweise wegen des geringen N unmöglich. Nur in Reihe 3 gelang die Sicherung der Differenzen. Gerade hier muß jedoch wieder damit gerechnet werden, daß diese Reaktionszeiten von Fehlreaktionen stammen (vgl. Ausführungen im Anschluß an Tabelle 4).

Eindeutiger dagegen ist die Verlängerung der Reaktionszeit mit zunehmender Verzögerung des Unterbrechungs-Signales (Bedingung b). Dabei ist bemerkenswert, daß die Reaktionszeit der unbeeinflussten Reaktionen noch immer über derjenigen von Praevalenz-Reaktionen liegt, die entstanden sind bei Verwendung der beiden längsten Verzögerungsintervalle (WILCOXON für die Reihen 1 und 4 s bzw. ss).

Beim Vergleich der Abbildungen 1 und 5 (ebenso wie 1 und 4) fällt wieder eine gewisse Parallelität der entprechenden Verlaufsformen auf: Zwar werden die Reaktionszeiten mit zunehmender zeitlicher Vorverlegung des Unterbrechungs-Signales immer kürzer, doch nimmt damit zugleich der Anteil von aufgetretenen Reaktionen im Verhältnis zu den gesetzten Start-Signalen ab; die Reaktionen erfolgen schneller, aber auch seltener. Der Gedanke liegt nahe, die kürzeren Reaktionszeiten seien allein das Produkt einer einseitigen Auslese. Es ist denkbar, daß die im Ansatz relativ langsamen Reaktionen durch Erscheinen des Unterbrechungs-Signales im allerletzten Augenblick doch noch unterdrückt werden können. Nur relativ schnelle Reaktionen erschienen demnach als Durchbrenner.

GIBSON (1939) hatte ähnliche Überlegungen bei der Betrachtung von Fehlreaktionen in einer Mehrfach-Wahl-Situation angestellt. Er nahm an, die im Ansatz langsameren

Fehler könnten gerade noch in richtige Reaktionen umgewandelt werden. Da auf diese Weise keine langsamen Fehler möglich sind, erniedrige sich künstlich der Mittelwert der Fehler-Reaktionszeiten. Davon unberührt müßten sich die extrem schnellen richtigen und falschen Reaktionen zeigen. Eine Analyse dieser Verteilungsenden müßte gleich hohe Werte erbringen. Andernfalls stimmte die Hypothese von der Umwandlung nicht, und es lag eine reale Verschiebung aller Meßwerte des einen Merkmals vor. GIBSON glaubte, durch Herausgreifen der 6 % besten Reaktionszeiten von richtigen und falschen Reaktionen dieses Problem entscheiden zu können.

Zur Absicherung der Reaktionszeit-Verkürzung durch Unterbrechung gegenüber Einflüssen seitens gelungener Unterdrückungen wurden deshalb folgende Schritte unternommen:

1) Das Verfahren von GIBSON (1939) wurde auch an den vorliegenden Ergebnissen angewendet. Zu diesem Zweck wurden jeweils die 10 % besten Reaktionszeiten von den Bedingungen

- a) Start-Signal ohne Unterbrechungs-Signal
- b) Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal
- c) Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal

herausgezogen und gemittelt. (In Bedingung b. waren 10 % praktisch nicht einzuhalten, da zu wenig Reaktionen vorlagen) Tabelle 13 zeigt die Gegenüberstellung der so ermittelten Werte.

Tabelle 13: Harmonisch gemittelte Reaktionszeit (in 1/100 sec) der jeweils 10 % schnellsten Reaktionen
 von a) Start-Signal ohne Unterbrechungs-Signal
 (nicht unterbrochene Reaktionen)
 b) Praevalenz-Reaktionen bei Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal
 c) Praevalenz-Reaktionen bei Unterbrechungs-Signal nach Start-Signal
 Signifikanzzeichen markieren überzufällige Differenzen zur ersten Zeile (WILCOXON).

Versuchs-Reihen					
	1	2	3	4	$\bar{x}$
a) ohne US	28,6	28,0	28,1	28,3	28,27
b) vor SS	20,1	22,2	14,7 s	25,7	21,03
c) nach US	32,4	23,8 ss	26,1 s	25,5	20,90ss

Wie aus der Tabelle 13 zu ersehen ist, konnte die Mittelwerts-Differenz zwischen den Bedingungen a) und b) nur für Reihe 3, zwischen a) und c) für die Reihen 2 und 3 gesichert werden.

Schon allein auf Grund dieser Resultate kann damit der Einwand, die Durchbrenner stellten eine einseitige Auswahl im Ansatz relativ schneller Reaktionen dar, für einen Teil der Untersuchung widerlegt werden.

2) Die (reziproken) Reaktionszeiten praevalenter Reaktionen wurden graphisch veranschaulicht.

Träfe nämlich die Hypothese der Selektion von Durchbrennern zu, müßten sich deren Latenzzeiten asymmetrisch verteilen, da langsame Reaktionen bei ihnen nicht auftreten.

Dafür ergaben sich jedoch nur wenig Anhaltspunkte. In jeder Versuchs-Reihe wurden höchstens zwei bis drei Verteilungen festgestellt, die eine gewisse Schiefe in der erwarteten Richtung aufwiesen (eine Vp hatte allein in allen vier Experimental-Reihen je eine solche Verteilung). Nicht selten zeigten die Reaktionszeiten der Durchbrenner sogar einen Häufigkeitsgipfel über den kurzen Latenzen.

Auch diese Beobachtungen sprechen also nicht für die Hypothese von der einseitigen Auslese ursprünglich schneller Reaktionen durch das Unterbrechungs-Signal.

3) Das wichtigste Argument gegen die geäußerte Ansicht kann jedoch aus den Ergebnissen von Versuchen abgeleitet werden, bei denen die Vpn infolge der Seltenheit des Unterbrechungs-Signales oder dessen später Exposition niemals in der Lage waren, die Bewegung noch zu unterdrücken. Auch in diesen Fällen wurden signifikante Verkürzungen der Latenzzeit registriert (vgl. Untersuchungen B,C,D und E).

Abschließend sollen noch einige Korrelationskoeffizienten wiedergegeben werden. In einem ersten Vergleich wurde die mittlere Reaktionszeit richtiger Reaktionen den mittleren Fehlerprozent in den verwendeten Unterbrechungsintervallen gegenübergestellt. Die ermittelten Koeffizienten sind in Tabelle 14 enthalten.

Tabelle 14: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen mittlerer Reaktionszeit richtiger Reaktionen und Fehlerhäufigkeit in den einzelnen Unterbrechungsintervallen; Aufteilung in die 4 Versuchs-Reihen und deren Mittel

	Versuchs-Reihen				
	1	2	3	4	$\bar{X}$
r'	0.30	+ 0.04	0.45	0.29	0.84
N	12	11	13	14	15
Bedeut- samkeit	ns	ns	(s)	ns	ss

Im Gruppendurchschnitt ergibt sich damit für die Mittelwerte aus allen Signalkombinationen ein überzufälliger Zusammenhang zwischen Reaktionszeit und Fehlerhäufigkeit. Je schneller die richtigen Reaktionen erfolgen, um so mehr Fehler treten auf. Ähnliches war bereits für die Beziehung zwischen Fehlerzahl und der Reaktionszeit falscher Durchbrenner festgestellt worden.

Sodann wurden die Reaktionszeiten der richtigen auch mit denen der falschen Durchbrenner in Beziehung gesetzt, wobei es sich bei den zugrundeliegenden Meßwertpaaren wiederum um die Gruppenmittelwerte in den einzelnen Intervallgrößen handelte. Die Resultate dieser Berechnungen sind in Tabelle 15 zusammengestellt.

Tabelle 15: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen der Reaktionszeit richtiger und falscher Durchbrenner (jeweils Gruppenmittel) in den Intervallen; Aufteilung in die 4 Versuchs-Reihen und deren Mittel

	Versuchs-Reihen				
	1	2	3	4	$\bar{X}$
r'	0.59	0.24	0.65	0.34	0.76
N	10	8	10	11	13
Bedeut- samkeit	s	ns	s	ns	ss

Zumindest für das Mittel aller Versuche bedeutet der angegebene Koeffizient eine recht hohe Übereinstimmung richtiger und falscher Praevalenz-Reaktionen in dem Trend, über den verwendeten Abständen des Unterbrechungs-Signales zum Start-Signal gleichsinnige Veränderungen zu zeigen. Die entsprechenden Mittelwerte wurden bereits in den Tabellen 6,7 und 10 mitgeteilt.

IV. Reaktionszeit geradliniger und wellenförmiger Bewegungen

Von den unbeeinflussten Reaktionen wurden die Latenzzeiten getrennt für die beiden Bewegungsformen errechnet. Die nachfolgende Abbildung 7 veranschaulicht die dabei gefundenen Resultate (entnommen Tabelle III des Anhangs).

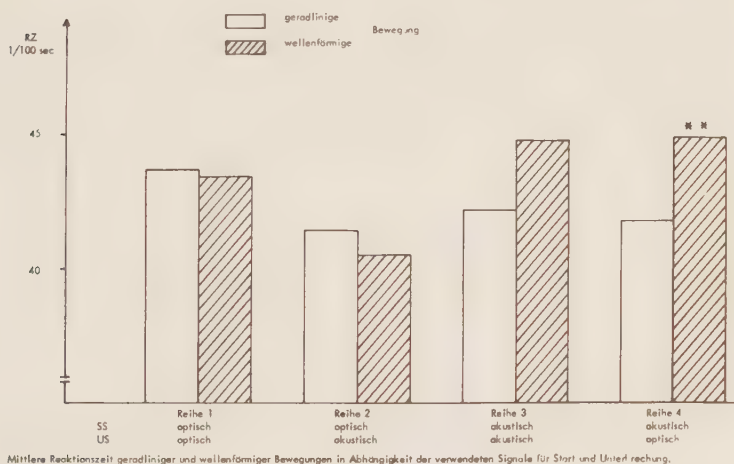


Abb. 7

Wie ersichtlich, besteht in der Versuchs-Reihe mit akustischem Start- und optischem Unterbrechungs-Signal eine überzufällige Mittelwertsdifferenz zuungunsten der wellenförmigen Bewegungen.

V. Verlaufsform unterbrochener Bewegungen

Zu diesem Kapitel können nur globale Angaben gemacht werden, die lediglich auf einer Durchsicht des Versuchs-Materials beruhen. Den dabei angestellten Beobachtungen zufolge bestehen konstante interindividuelle Differenzen hinsichtlich der Merkmale, die einen Bewegungsabbruch kennzeichnen:

Einige Vpn beendeten die Tätigkeit besonders häufig mit einem verstärkten Schreibdruck, was sich an intensiver Dunkelfärbung oder Verbreiterung des Striches teilweise unschwer erkennen ließ. Andere hoben den Schreibstift vom Papier ab; ihre Linien wurden schmaler und zeigten einen dünnen, allmählichen Auslauf. Vollkommene Konsistenz hinsichtlich dieser oder jener Verhaltenseigenart besteht allerdings in keinem Fall.

Auch in der Linienführung finden sich charakteristische Elemente: Der Rückschlag (vgl. ISSERLIN 1910) tritt zwischen den Vpn verschieden häufig und in variierender Länge auf. Bei Vpn, die den Stift vom Blatt abhoben, konnte er natürlich nicht registriert werden. Bei den einfachen Bewegungen (Strichziehen) scheint er besonders oft vorzukommen.

Auffallend ist die bei den meisten Vpn anzutreffende Tendenz, die Bewegung mit einem leichten Krümmungsbogen zum Körper abzuschließen. Ein Strich zeigt dann eine kleine Rundung nach unten; eine Welle wird durch einen kurzen, abwärts gerichteten Haken abgeschlossen. Hierher gehört die wohl bemerkenswerteste Beobachtung: Nur 4 Wellenlinien überhaupt konnten gefunden werden, die mit einer Aufwärtsbewegung abschlossen. (Hier muß allerdings von denjenigen abgesehen werden, die kürzer als ca. 2 cm waren, wo also der Anfangsanstieg sofort nach dem Verlassen der Startlinie unterbrochen wurde.) Regelmäßig wurde noch wenigstens der Ansatz zu einer Abwärtsbewegung ausgeführt oder am Ende derselben vor einem neuerlichen Anstieg innegehalten.

In seltenen Fällen wurden auch in der Absicht, die Bewegung zu unterbrechen, kurze Linien in der Form eines wirren Geschnörkels hinterlassen, in denen die beabsichtigte Tätigkeit nicht mehr erkannt werden konnte.

C. DISKUSSION

I. Aufbau der Versuche

Es mag gegen den allgemeinen Aufbau der Versuche vorgebracht werden, eine Störung, die bereits in der Instruktion erwähnt werde, sei praktisch keine solche mehr, dies besonders dann nicht, wenn sie gehäuft vorkomme.

Es liegen jedoch einige empirische Befunde vor, die diese Einwände entkräften. Aus Experimenten von CASSEL & DALLENBACH (1918) geht hervor, daß nur solche Störungen (Geräusche während einer Einfachreaktion) sich auf die Dauer nicht leistungsmindernd auswirkten, die ohne Unterlaß erfolgten. Dagegen führte sporadisches, wiederholtes Auftreten derselben zu einer deutlichen Verlängerung der Reaktionszeit.

Besonders sei an dieser Stelle auf die Experimente von HOVLAND und SEARS (1938) verwiesen, in denen ein Griffel je nach dem Aufleuchten einer von zwei Lampen möglichst schnell in bestimmte Richtungen geführt werden mußte. Nach einer längeren Einübungsphase wurden die Lampen, die vorher stets nur einzeln erschienen waren, einmal gleichzeitig geschaltet. Als Folge davon traten bestimmte abnorme Reaktionen auf ("motor conflict"), die im einzelnen näher analysiert wurden. In einer zweiten Versuchs-Reihe wurden die Vpn zuvor auf diese besondere Situation hingewiesen und dieselbe mehrfach herbeigeführt. Die Kenntnis einer solchen Konflikt-Situation beeinflusste jedoch weder die Spezifität der Konflikt-Lösung noch deren Konsistenz in nennenswertem Maße. Die Art der Antwort schien weniger situations- als vielmehr persönlichkeitsbedingt.

Prinzipiell ähnlich unseren Versuchen instruierte auch MOOG (1964) seine Vpn, sie müßten zu gegebener Zeit ihre Tätigkeit beenden. Trotzdem wurde deren Abbruch als Störung empfunden und führte zu einer Verschlechterung der handmotorischen Steuerung.

Auf Grund derartiger Resultate können Vermutungen, die Erwartung einer Unterbrechung verändere grundsätzlich derer Wirkung, als unbegründet zurückgewiesen werden.

II. Häufigkeit von Praevalenz-Reaktionen

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich war, wird bei gleichzeitig gesetztem Start-Signal und Unterbrechungs-Signal in allen 4 Versuchs-Reihen nur etwa in der Hälfte aller Fälle nicht reagiert. Auch bei weiterer Vorverlegung des Unterbrechungs-Signales bis zu 0,3 oder 0,4 sec vor das Start-Signal wird noch durchschnittlich auf ungefähr jede dritte dieser Reizkonstellationen mit dem Beginn der Tätigkeit geantwortet.

Sicherlich beruht ein gewisser Prozentsatz von Durchbrenner-Reaktionen, wie bereits angedeutet, auf der Eigenart der Versuchsanordnung. Das gilt besonders für diejenigen Reaktionen, die sich bei größerer Verzögerung des Unterbrechungs-Signales einstellten. Kann man hier jedoch noch leicht begreifen, daß einige Bewegungen unterblieben, eben weil es den Vpn auf Grund des nach dem Start-Signal erscheinenden Unterbrechungs-Signales noch gelang, den Reaktionsansatz abzufangen, so muß andererseits besonders verwundern, daß relativ viele Bewegungen auftraten, wenn das Unterbrechungs-Signal als erstes Signal überhaupt erschien. Bemerkenswert ist dies um so mehr, als der Instruktion zufolge dem Unterbrechungs-Signal ja gewissermaßen das größere Gewicht zukam: Beim Erscheinen entgegengesetzter Signale sollte auf jeden Fall das Unterbrechungs-Signal berücksichtigt werden und eine Bewegung nach Möglichkeit unterbleiben. (Dem steht freilich die Erfahrung der Vp gegenüber, daß nach dem Vorsignal immer mit einem Start-Signal zu rechnen ist, das Unterbrechungs-Signal dagegen nur manchmal erscheint.)

Die Erklärung, das vor dem Start-Signal erscheinende Unterbrechungs-Signal werde irrtümlich für ein Start-Signal gehalten und entsprechend beantwortet, scheidet praktisch aus. In diesem Falle müßte die Fehlerhäufigkeit im Mittel bei ungefähr 50 % liegen (2-fach-Wahl), da die nachfolgend exponierten Start-Signale nach Zufall eine der beiden Handlungstendenzen betrafen. Eine solche Hypothese besitzt - wie ausgeführt - lediglich für die Versuchs-Reihe mit akustischen Signalen für Start und Unterbrechung eine gewisse Wahrscheinlichkeit. Letztlich ist sie zu verwerfen, da sie nicht auch die Befunde der anderen Versuche deckt.

III. Fehlreaktionen

1) Fehlerhäufigkeit

In allen Versuchs-Reihen wurde eine Fehlerhäufung bei den Tätigkeiten beobachtet, die eigentlich unterdrückt werden sollten (vgl. Abb. 2). In einer Reihe konnte die Differenz der Fehlerprozent zwischen den unbeeinflussten und den praevalenten Reaktionen statistisch gesichert werden.

Der besondere Fehlerzuwachs in Reihe 3, speziell bei der Bedingung Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal (siehe Tabellen 4 und 5) läßt allerdings die Möglichkeit eines bestimmten Fehleranteils durch unzureichende Unterscheidbarkeit der Signale vermuten (sowohl Start-Signal als auch Unterbrechungs-Signal waren hierbei akustischer Natur).

Unsere Resultate stehen in Einklang mit den Aussagen von WINSEMIUS (1963) und MOOG (1964), die beide zwischen Unterbrechung und Unfallzahlen bzw. Koordinationsstörungen eine Beziehung fanden. Auch MOOG stellte einen derartigen Zusammenhang nur bei bestimmten Versuchsbedingungen fest. Im Unterschied zu den genannten Autoren fanden wir das verstärkte Fehlverhalten allerdings nicht an den nachfolgenden andersartigen, sondern an den unterbrochenen Tätigkeiten selbst.

2) Reaktionszeit der Fehlreaktionen

In Versuchen von RABBITT (1966) wiesen falsche Reaktionen in 4- und 10-fach-Wahlen kürzere Latenzzeiten auf als richtige Reaktionen. Die Versuchstätigkeit bestand darin, je nach Aufleuchten eines bestimmten Lichtes eine von mehreren linear angeordneten Tasten niederzudrücken. Als Reaktionszeit galt die Zeit, die vom Aufleuchten eines Lichtes bis zum Berühren der zugehörigen Taste verging. Bei Berühren des Zieles leuchtete sofort die nächste Lampe auf. Auf diese Weise beinhalten die ermittelten Werte auch eine Komponente zu Lasten der Bewegungszeit, die je nach der Entfernung des neuen Zieles vom vorangegangenen verschieden war. (Deshalb lag die mittlere Reaktionszeit richtiger Reaktionen mit 60/100 sec relativ hoch.) 53 % aller Fehler, in denen versehentlich eine benachbarte Taste der richtigen Taste berührt wurde, betrafen solche Tasten, die der vorangegangenen näher waren (und nur 47 % solche, die weiter weg lagen). Wenngleich die Differenz beider Werte nicht signifikant war, so zeigten doch 11 der 17 Vpn signifikant mehr solche Fehler auf Grund zu kurzen Weges. Schon aus diesen Verhältnissen erklärt sich zumindest ein Teil der Reaktionszeit-Verkürzung bei Fehlreaktionen.

Allerdings hatte auch GIBSON (1939) in einer Mehrfach-Wahl-Situation für Fehlreaktionen kürzere Reaktionszeiten gefunden als für richtige Antworten.

Unsere Resultate lassen Analoges nicht erkennen (s. Tabelle 6). An Hand der Mittelwerte zweier Versuche (Versuchs-Reihen 3 und 4) deutete sich zwar eine ähnliche Tendenz an, statistisch gesichert wurde jedoch ein Unterschied in umgekehrter Richtung bei einer anderen Versuchs-Reihe (1), dessen Ausmaß numerisch freilich außerordentlich gering ist.

IV. Reaktionszeit der richtigen Praevalenz-Reaktionen

Den Ergebnissen zufolge (vgl. Tabellen 7 und 10) werden Reaktionen in einer Zweifach-Wahl-Situation dann besonders schnell ausgeführt, wenn ihr Auftreten durch ein entsprechendes Signal kurz vor Bewegungsbeginn eigentlich unterbunden werden soll.

Entweder gelingt es den Vpn hierbei, auf Erscheinen des Stop-Signales die beabsichtigte Bewegung vollständig (oder nahezu vollständig vgl. B.I. letzter Absatz) zu unterdrücken, oder der Bewegungsentwurf ist bereits so weit fortgeschritten, daß er nur nach einem beschleunigten Handlungsbeginn abgebrochen werden kann. Dieser Handlungsbeginn erfolgt um so schneller (und fehlerhafter), je größer der zeitliche Vorsprung des Unterbrechungs-Signales vor der eigentlichen Reaktion ist, wie sie sich üblicherweise einstellt.

Eine gewisse Bestätigung der Ergebnisse kann in den Daten von VINCE (1948 a) gesehen werden. Hier mußten Vpn mit einem Stift einer Linie folgen, die nur durch einen schmalen Schlitz sichtbar war und die - angebracht auf einer sich drehenden Trommel - hin und her sprang. Auf diese Weise stellte jede Veränderung der Linienposition ein Signal zum Ausführen einer Korrektur-Bewegung dar. Normalerweise lag die mittlere Reaktionszeit bei 30/100 sec und darüber. Folgten allerdings die Signale einander im Abstand von 5/100 sec, so daß die Hinbewegung noch nicht begonnen hatte, als schon die Herbewegung angezeigt wurde, sank die Reaktionszeit auf das erste Signal unter 30/100 sec. Diese Besonderheit wurde allerdings von der Autorin nicht weiter beachtet.

Die Vermutung, es handele sich bei der Kürze der Durchbrenner-Reaktionen um das Kunstprodukt der einseitigen Auslese relativ schneller Reaktionen, konnte widerlegt werden:

1) Bei Voreilung des Unterbrechungs-Signales vor dem Start-Signal wurden individuelle Latenzen beobachtet, die in der Größenordnung von Einfach-Reaktionszeiten lagen und die so kurz bei keiner anderen Versuchsbedingung gefunden wurden.

Dabei können allenfalls die Werte der Versuchs-Reihe 3 als (zufällige) Reaktionen - etwa auf das vorangeeilte Unterbrechungs-Signal - verstanden werden (vgl. Ausführungen im Anschluß an Tabelle 4).

In zwei Versuchs-Reihen unterschieden sich deshalb normale und Praevalenz-Reaktionen nicht nur hinsichtlich ihrer Mittelwerte. Auch die extrem schnellen Durchbrenner erfolgten im Mittel früher als ein vergleichbarer Prozentsatz unbeeinflusster Reaktionen.

2) Eine Überprüfung der Verteilungsform der Praevalenz-Latenzen ließ zudem nur selten Asymetrie erkennen.

3) Die Reaktionszeit-Verkürzung tritt auch in Fällen auf, in denen Auslesefaktoren nachweislich keine Rolle spielen können.

D. INTERPRETATION

Über die Faktoren, die letztlich den Unterbrechungseffekt, d.i. Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg bei den unterbrochenen Reaktionen, bedingen, läßt sich vorerst wenig Stichhaltiges sagen. Die Annahme einer Wirkung durch Reiz-Summation (Start-Signal + Unterbrechungs-Signal = Unterbrechungseffekt) liegt nahe. Über niedrigere Latenzzeiten infolge höherer Signalintensität wird in der Literatur jedoch nur im Zusammenhang mit Einfach-Reaktionen gesprochen (siehe Sammelreferat TEICHNER 1954, dazu KING 1962, RAAB 1962 und COSTELLO 1964).

HELSON & STEGER (1962) plazierten in die Reaktionszeit von Einfach-Reaktionen ein bedeutungsloses Zusatz-Signal und stellten daraufhin sogar eine Verlängerung der Reaktionszeit fest.

Allein SCHMIDTKE (1961 b) untersuchte auch in Wahl-Situationen die Abhängigkeit der Beantwortungsgeschwindigkeit von der Signalintensität. Auf die intensiveren Signale wurde seinen Ergebnissen zufolge nicht schneller geantwortet als auf die weniger intensiven. Allerdings bestand die Aufgabe der Vpn darin, verschiedenen Intensitätsstufen von Tönen verschiedene Bewegungen zuzuordnen. Versuche mit zusätzlicher Variation der Höhe der Töne

(oder der Helligkeit räumlich getrennter optischer Signale) sind bisher nicht durchgeführt worden.

Sehr wenig wahrscheinlich ist die Hypothese, das Unterbrechungs-Signal fungiere in den Fällen, wo es dem Start-Signal vorangeht, als zusätzliches Vorsignal. Nur ein Teil der Fälle, nämlich die Reaktionen unter der Bedingung Unterbrechungs-Signal vor Start-Signal, würde durch diese Erklärung gedeckt. Außerdem wurde bisher nur für Einfach-Reaktionen ein Einfluß von Variabilität und Dauer der Vorperiode auf die Latenz nachgewiesen (KLEMMER 1956, KARLIN 1959).

Somit erweisen sich alle diese Überlegungen, den Unterbrechungs-Effekt im Hinblick auf den bisherigen Stand der Forschung zu deuten, als unzulänglich.

Um dieses Problem einer Klärung näher zu bringen, wurden bestimmte Vorstellungen entwickelt, die sich zwanglos an Modelle der menschlichen Verhaltenssteuerung anlehnen, wie sie etwa von FITTS (1951), ASHBY (1960), MILLER et al. (1960), MITTELSTAEDT (1960), HOFSTÄTTER (1962) und anderen vorgeschlagen wurden. In engerem Zusammenhang stehen sie mit den Modellen, die auf die Vorgänge in Wahl-Reaktionsversuchen zugeschnitten sind und die bereits im STAND DES PROBLEMS erwähnt wurden.

Im Hinblick auf die dargestellten Resultate machten wir folgende Annahmen: Durch die Instruktion werden mehrere verschiedene (in unserem Falle: zwei) Handlungstendenzen bereitgestellt. Diese Handlungstendenzen oszillieren über die Zeit (während der "Vorperiode" nach ACH 1935) hinsichtlich ihrer Stärke.

Nach dem Start-Signal werden die Handlungstendenzen zunächst blockiert. Gleichzeitig setzen Entscheidungsprozesse darüber ein, welches der vorhandenen Signale erschienen ist und welche der vorbereiteten Bewegungen ausgeführt werden soll (DILLON 1966). Im Verlauf derselben wird sukzessiv die "incongruity" (MILLER et al. 1960) zwischen Soll- und Ist-Status des Organismus beseitigt durch ständige Prüfung des letzteren gegen vorher festgesetzte Kriterien; die spezielle Handlungstendenz wird

dem speziellen Signal zugeordnet. Die Wahrscheinlichkeit für das Ausführen einer Handlung wächst schnell von 0,5 (Zweifach-Wahl) im Zeitpunkt der Signal-Exposition auf nahezu 1,0. Diese Vorgänge sind es vor allem, die in Wahl-Situationen zu verlängerten Reaktionszeiten relativ zu Einfach-Reaktionen führen. Die genannte Blockierung sorgt nun dafür, daß nicht eine der Bewegungstendenzen, erwartungsgemäß die gerade zufällig stärkste, noch vor Beendigung der Entscheidungsprozesse "durchschlägt" und zu einer möglicherweise falschen Reaktion führt.

Die Wahrnehmung des erscheinenden Unterbrechungs-Signales stört nun zumindest den angenommenen "Hemmungs-Mechanismus". Dieser wird durch das Unterbrechungs-Signal häufig aufgehoben. Dadurch kommt es - entgegen der Bedeutung des Unterbrechungs-Signales - bemerkenswert oft noch zum Handlungsbeginn. Da die Entscheidungsvorgänge noch nicht zum eigentlichen Abschluß gekommen sind, erfolgt die Reaktion in gewisser Weise "unfertig". Durch den Ausfall der noch erforderlich gewesenenen Entscheidungsprozesse weist die Bewegung zwar eine kürzere Latenzzeit, jedoch auch größere Fehlerhaftigkeit auf.

Es kann gefolgert werden, daß der störende oder enthemmende Effekt um so stärker hervortritt, je mehr Entscheidungsvorgänge von der Unterbrechung betroffen sind. Dies ist z.B. immer dann der Fall, wenn die Störung relativ früh nach dem Einsetzen der Entscheidungen wirksam wird, das Unterbrechungs-Signal also mit relativ kurzem Abstand dem Start-Signal folgt.

Tatsächlich verstärkte sich in den geschilderten Versuchen der Unterbrechungseffekt mit kürzerer Aufeinanderfolge von Start-Signal und Unterbrechungs-Signal bzw. größerer Voreilung des Unterbrechungs-Signales vor dem Start-Signal; Reaktionszeit-Verkürzung und Fehlerhäufung standen zu dieser zunehmenden zeitlichen Vorverlegung des Unterbrechungs-Signales in enger korrelativer Beziehung.

Der Begriff "Enthemmung" trägt vorerst arbeits-hypothetischen Charakter. Auch PAWLOW (1953, 72-88) benutzte ihn bei der Darstellung von Versuchen zum Abrücken bedingter Reflexe hinter die bedingten Reize. Verspätete

bedingte Reflexe wiesen zwei Phasen auf, eine inaktive, die sogenannte Latenz, in der keine Reaktion des Versuchstieres auftritt und eine aktive, in der die Reaktion (Speichelfluß) erfolgt. Das Ausbleiben einer Wirkung in der ersten Phase ließ sich in zweierlei Hinsicht verstehen: Entweder benötigte der Erregungsprozeß erst eine gewisse Zeit zum Anwachsen und zur Summation, um erst dann einen beobachtbaren Effekt zu zeitigen oder er existierte schon lange vor der sichtbaren Wirkung in ausreichender Stärke und war durch etwas verdeckt. Für die Richtigkeit der letzteren Annahme sprach die Möglichkeit, den Erregungsprozeß in der ersten Phase durch irrelevante Zusatz-Reize sichtbar zu machen. Führte etwa ein mechanischer Hautreiz als bedingter Reiz erst nach etwa 1 Minute zu Speichelfluß, so konnte derselbe auch nach wenigen Sekunden hervorgerufen werden durch zusätzliches Ticken eines Metronoms, was als "Enthemmung" bezeichnet wird. Offensichtlich so mutmaßte PAWLOW, müsse etwas, was so schnell sichtbar gemacht werden könne, auch davor bereits vorhanden sein, nur eben gehemmt durch andere Faktoren.

Die Frage, auf welchen psychologischen und neurophysiologischen Vorgängen eine solche Hemmung bzw. Enthemmung im einzelnen beruht, soll hier nicht erörtert werden. DIAMOND et al. (1963) haben das gesamte Material, das bisher zu diesem Thema vorliegt, zusammenfassend dargestellt. Uns kommt es zunächst darauf an, zu prüfen, ob überhaupt das Konzept von Hemmung und Enthemmung auch den Ergebnissen weiterer Experimente gerecht wird.

Wie ausgeführt, ist mit einem besonders ausgeprägten Unterbrechungseffekt in solchen Fällen zu rechnen, in denen durch die Unterbrechung relativ viele Entscheidungsprozesse gestört werden.

In der geschilderten Untersuchung wurden Anzahl und/oder Dauer der von dem Unterbrechungs-Signal ausgeschalteten Entscheidungsprozesse durch die Größe des Intervalls verändert, in dem das Unterbrechungs- dem Start-Signal folgte bzw. gar voraneilte. Der gleiche Effekt müßte erzielt werden können durch Konstanthalten dieses Intervalls und Variation von Zahl und Dauer derjenigen Prozesse, die einer signalisierten Handlung unmittelbar vorausgehen.

Das Ausmaß dieser Prozesse ist in erster Linie eine Funktion der Informationsmenge, die seitens des Individuums verarbeitet werden muß. Letztere ist in-Wahl-Reaktions-Situationen - kontrollierbar über folgende Variable:

- a) Relative Häufigkeit jedes Signales,
- b) Zahl der Wahlmöglichkeiten,
- c) Ähnlichkeits-Beziehung zwischen Signal und Antwort.

Aus den Ergebnissen der berichteten Versuche ließ sich eine Tendenz zu längeren Reaktionszeiten der wellenförmigen gegenüber den geradlinigen Bewegungen ableiten. Damit scheint es, als würde auch der Aufbau einer "komplizierten" Bewegung (wenn diese Bezeichnung auf die Wellenbewegung angewendet wird) mehr und länger dauernde Entscheidungen erfordern als derjenige einer einfachen.

Von individuellen Unterschieden abgesehen, kann eine weitere Determinante der Latenzzeit in dem allgemeinen psychischen Zustand (Frische, Ermüdung u.ä.) gesehen werden, besonders aber in dem jeweiligen Übungsgrad der Funktionen in Bezug auf bestimmte Tätigkeitsbereiche.

Durch die Ausrichtung entsprechender Experimente, die die oben genannten Variable beinhalten, sollen die geäußerten Vermutungen bezüglich der Ursachen des Unterbrechungseffektes überprüft, spezifiziert und gegebenenfalls abgeändert werden. Diesen Versuchen werden die weiteren Teile der vorliegenden Arbeit gelten.

E. ZUSAMMENFASSUNG

In Zweifach-Wahl-Situationen sollten einfache Bewegungen durch optische oder akustische Signale unterbrochen werden, bevor sie begonnen hatten.

Bei gleichzeitiger Darbietung von Start- und Unterbrechungs-Signal lag die Häufigkeit begonnener Reaktionen noch etwa bei 50 %.

In 4 durchgeführten Versuchs-Reihen ergab sich, daß unterbrochene Reaktionen schneller einsetzten als unbeeinflusste.

In mehreren Versuchs-Reihen konnte ein Ansteigen des Fehleranteils bei den unterbrochenen gegenüber den nicht unterbrochenen Tätigkeiten beobachtet werden.

Die mittlere Reaktionszeit der Fehlerreaktionen entsprach weitgehend derjenigen der richtigen Reaktionen.

Es zeigte sich eine Tendenz zu kürzeren Reaktionszeiten relativ einfacher gegenüber relativ komplizierten Be-

wegungen.

Besondere Bewegungsformen auf Grund der Unterbrechung wurden beobachtet und beschrieben.

Mögliche Ursachen des Unterbrechungseffektes (Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg bei den unterbrochenen Bewegungen) wurden erwogen und Hypothesen abgeleitet, die in weiteren Untersuchungen geprüft werden müssen.

U N T E R S U C H U N G B

ÜBERPRÜFUNG DER VARIABLE: RELATIVE HÄUFIGKEIT VON START-SIGNALEN

A. VORAUSSETZUNGEN, HYPOTHESEN

Bereits im vorigen Jahrhundert stellte CATTEL (1885, 1886) fest, daß die Leistung im Aussprechen einzelner Buchstaben eines englischen Textes wesentlich höher ist, wenn derselbe in der gewohnten Richtung von vorn nach hinten und nicht umgekehrt durchgegangen wird.

Der Effekt, der sich hier zeigte, war das Ergebnis eines Lernprozesses. In der Reiz-Folge hatten sich Redundanzen befunden und in der beschriebenen Weise ausgewirkt. Redundant ist ein Vorgang dann, wenn er Sequenzen verschiedener Ereignisse enthält, innerhalb derer alle auftretenden Möglichkeiten nicht gleich wahrscheinlich sind.

Das Vorwärts-Durchsehen der Vorlage enthielt insofern Redundanz, als bestimmte Buchstaben-Kombinationen wie st, er, au usw. im Sprachgebrauch wesentlich häufiger vorkommen als ihre Umkehrung und deshalb besonders geläufig sind.

1953 fanden HYMAN und CROSSMAN unabhängig voneinander, daß die mittlere Reaktionszeit auf alle verwendeten Signale proportional zu der Redundanz der Versuchs-Serie abfällt. Betrug in einem Wahl-Reaktionsversuch (HYMAN) z.B. die Wahrscheinlichkeiten für das Erscheinen der beiden Signale 9/10 und 1/10, in einem anderen 8/10 und 2/10, war die mittlere Reaktionszeit in dem erstgenannten Versuch niedriger. Unter Berücksichtigung des Informations-Gehaltes der Einzelsignale ($\log_2 1/p$) von 0,15 und 3,32 bzw. 0,32 und 2,32 bits hatten sich für die beiden Versuchs-Reihen mittlere Informationsbeträge von 0,47 und 0,72 bits ergeben. Aus den Arbeiten von HICK (1952) und

später GREGG (1954) aber ist bekannt, daß die Reaktionszeit in Wahl-Situationen eine lineare Funktion der vermittelten Information ist. LAMB & KAUFMANN (1965) berichten über einige Ausnahmen davon.

FITTS et al. (1963) ermittelten an Hand zweier verschiedener Aufgaben (Aussprechen von beobachteten Ziffern, Berühren von Zielpunkten mit dem Zeigefinger) die mittleren Reaktionszeiten für die einzelnen Signale. Danach wird ein Signal um so schneller beantwortet, je öfter es erscheint und umgekehrt.

BERTELSON (1961) erhielt prinzipiell ähnliche Resultate beim Vergleich der Reaktionszeiten auf Signale, die den unmittelbar vorangegangenen entsprachen und solchen, die verschieden von ihnen waren. In einer anderen Arbeit (1963) wurde der Einfluß verschiedener Vergleichbarkeit von Signal und Antwort in derartigen Versuchen berücksichtigt. BERTELSON & RENKIN (1966) fanden, daß die Differenz der Reaktionszeiten auf wiederholte und neue Signale mit der Länge des Zeitintervalls zwischen den einzelnen Reaktionen abnimmt.

BERTELSON & BARZEELE (1965) kontrollierten den Einfluß verschieden langer Vorperioden auf die Reaktionszeit bei unterschiedlich häufigen Signalen. Ihren Ergebnissen zufolge hebt eine längere Vorperiode die Reaktionszeit auf das häufigere Signal stärker an als auf das seltenere.

La BERGE & TWEEDY (1964) variierten die Darbietungswahrscheinlichkeiten der Signale innerhalb bestimmter Versuchs-Reihen. SCHMIDTKE (1963) sowie KORNADT & BÄUMLER (1964) berichten von Erfahrungen mit unterschiedlich redundanten Reiz-Folgen in Vigilanz-Aufgaben. Von LESLIE (1957) und BAKER (1963) stammen theoretische Beiträge zu diesem Problem.

Zur Erklärung der allgemein beobachteten Erscheinung, daß seltenere Signale längere Reaktionszeiten nach sich ziehen, liegen bisher nur wenige Ansätze vor (FITTS et al. 1963). Größtenteils stützt man sich auf Modelle der

allgemein für Wahl-Situationen angenommenen Vorgänge.

In Hinsicht auf das Untersuchungsziel und unter Berücksichtigung der eigenen Vorstellungen genügen folgende allgemeine Formulierungen über die zu erwartenden Ergebnisse: Häufig erscheinende Signale bedeuten für die Vp wenig Information; es muß nur wenig und kurzdauernde Entscheidungs-Arbeit vor dem Einsetzen der Tätigkeit geleistet werden. Das Umgekehrte gilt für Signale hohen Informationsgehaltes. Eine Störung des Entscheidungsvorganges, wie sie durch entsprechende Plazierung des Unterbrechungs-Signales herbeigeführt werden kann, wird um so ausgeprägtere Wirkungen hervorrufen, je mehr Schritte auf dem Wege der Informations-Gewinnung noch zurückgelegt werden müssen oder je weniger Entscheidungen über die Zuordnung von Signal und Handlung bereits gefallen sind. Mithin wird der Unterbrechungseffekt bei Verwendung relativ seltener Signale deutlicher ausfallen als bei Verwendung relativ häufiger Signale.

Daraus ergeben sich für unsere Versuche folgende Hypothesen:

- a) Bei Verwendung relativ seltener Signale verkürzt sich durch Unterbrechung die Reaktionszeit der Bewegung in stärkerem Ausmaß als bei Verwendung relativ häufiger Signale.
- b) Bei Verwendung relativ seltener Signale steigt durch Unterbrechung der Fehleranteil an den Bewegungen stärker als bei Verwendung relativ häufiger Signale.

B. METHODE

I. Allgemeine Anordnung

Die Aufgabe der Vpn bestand in einer Wahlreaktion. Auf eines von zwei Signalen hatten sie mit einem Schreibstift jeweils Wellenbewegungen unverzüglich auszuführen, die entweder mit einem Anfangs-Anstieg oder einem Anfangs-Abfall beginnen sollten.

Erschien jedoch mit dem Start-Signal noch ein weiteres Signal, war das ein Zeichen zum sofortigen Abbruch der begonnenen oder beabsichtigten Bewegung.

II. Apparatur

In Augenhöhe der Vp befanden sich auf einem undurchsichtigen Schirm nebeneinander zwei 220-V-Glimmlampen als Start-Signale.

Das Signal zum Unterbrechen der Tätigkeit wurde über den Ton einer Schnarre vermittelt.

Die Reaktionszeit wurde mit Hilfe einer Uhr gemessen, die mit Erscheinen des Start-Signales an lief und stoppte, wenn die Vp ihren Stift von einer Metall-Leiste wegbewegte.

III. Relative Häufigkeit der Signale

Die beiden Start-Signale wiesen hinsichtlich der Häufigkeit ihrer Exposition ein Verhältnis von 8/10 und 2/10 auf d.h. unter 10 erscheinenden Signalen kam 8 mal das eine und nur 2 mal das andere vor. Die Logarithmen der reziproken Darbietungswahrscheinlichkeiten betrugen entsprechend 0,32 und 2,32 (= bits).

IV. Intervallgröße zwischen start- und Unterbreuchungs-Signal

Der Abstand, in dem das Unterbreuchungs- dem Start-Signal folgte, betrug 0,09 sec.

V. Versuchspersonen

Als Vpn hatten sich freiwillig 7 männliche und 6 weibliche (N=13) Studierende verschiedener Fakultäten im Alter von 21 bis 32 Jahren gemeldet. Für ihre Teilnahme am Versuch wurden sie bezahlt.

VI. Aufbau, Durchführung und Ablauf der Versuche

Die Vp (Einzelversuch) befand sich in einem weitgehend geräuschisolierten Raum. Sie erhielt neben allgemeingehaltenen Erläuterungen über den Versuch folgende Instruktion:

"Auf einen Summertone - das Vorsignal - konzentrieren Sie sich bitte auf's Äußerste. In den folgenden Augenblicken wird entweder das linke oder rechte der Birnchen aufleuchten.

Sobald dies der Fall ist, beginnen Sie unverzüglich damit, eine Wellenbewegung möglichst schnell quer über das ganze Blatt hinweg auszuführen.

Leuchtet dabei das linke Licht, beginnen Sie die Welle mit einer deutlichen Abwärtsbewegung, leuchtet das rechte auf, mit einer deutlichen Aufwärtsbewegung. Manchmal wird mit dem Aufleuchten des rechten oder linken Lichtes eine Schnarre ertönen. Das ist für Sie das Zeichen zum sofortigen Abbruch der von Ihnen begonnenen oder beabsichtigten Bewegung.

Das Vorsignal wird vor jeder Reaktion gegeben."

Die Vpn wurden angewiesen, bei der Ausführung ihrer Bewegung nicht auf das Papier zu sehen.

Der V1 befand sich in einem Nebenraum.

Nach einem vorher ausgearbeiteten Programm wurde in zufälliger Folge 144 mal das eine und 36 mal das andere Signal geschaltet. Jedes Signal wurde - ebenfalls nach Zufall - in 33,3 % der Fälle von einem Unterbrechungs-Signal gefolgt. 48 mal wurden also die häufigen, 12 mal die seltenen Handlungen unterbrochen.

Zur Vermeidung von "Raumfehlern"(FECHNER 1907, 87-92) wurde die Verteilung der häufigen und seltenen Signale sowie der verschiedenen Wellenbewegungen auf rechte und linke Start-Lampe systematisch permutiert.

Nach dem Ausführen einer Bewegung blieben der Vp ca. 8 bis 10 Sekunden bis zum nächsten Vorsignal.

Zu Beginn jedes Versuches wurden zusätzlich etwa 5 bis 8 Reaktionen zur Überprüfung des Instruktionsverständnisses und zur Eingewöhnung durchgeführt.

Jeder Versuch dauerte etwa eine Stunde.

C. ERGEBNISSE

I. Häufigkeit unterbrochener Reaktionen

In dem Abschnitt des Versuches, der in die Auswertung einbezogen wurde, gelang es nur drei der insgesamt 13 Vpn, auf Grund des Unterbrechungs-Signales einige der beabsichtigten Bewegungen zu unterdrücken. Die individuellen Häufigkeiten, mit der dieses der Fall war, sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 16: Absolute Häufigkeit gelungener Unterdrückungen unter Berücksichtigung der Expositionswahrscheinlichkeit der Signale

Vp	häufig (80 %)	selten (20 %)
2	1	0
10	7	1
11	4	2

Erläuterung: Vp Nr.2 vermochte bei den relativ häufigen Reaktionen den Bewegungsansatz nur einmal zu unterdrücken. Eine Unterdrückung der relativ seltenen Tätigkeit gelang ihr niemals.

II. Reaktionszeit der richtig ausgeführten Bewegungen

Wie auch in der Untersuchung A, wurden solche Reaktionen, die trotz Unterbrechungs-Signales erfolgten, nicht zu den Fehlern gerechnet. Als Fehler galten nur folgende Reaktionen:

- 1) Verwechseln der Instruktion (statt einer Wellenbewegung mit Anfangsanstieg wurde eine solche mit Anfangs-abfall ausgeführt und umgekehrt). Dies war die bei weitem häufigste Fehlerart.
- 2) Die Wellenlinie zeigte einen ungenügenden Anfangsanstieg oder -abfall, auf Grund dessen nicht eindeutig er-

sichtlich war, ob sich die Vp im Augenblick des Bewegungsbeginns klar für die eine oder andere Handlung entschieder hatte.

Für die Reaktionszeiten wurde aus den genannten Gründen (s.S. 21) das harmonische Mittel berechnet.

Nachfolgende Tabelle enthält die Mittelwerte aller Vpn für die Reaktionen 29 bis 180. Die Werte der ersten 28 Bewegungsabläufe wurden von der Verrechnung ausgeschlossen, weil nur mit solchen Daten gearbeitet werden sollte, bei deren Zustandekommen die Vpn bereits mit einiger Sicherheit bemerkt hatten, daß ein Signal wesentlich häufiger erschien als das andere.

Im Gegensatz zu dem Verfahren von FITTS et al. (1963) waren darüber die Vpn in der Instruktion nicht informiert worden.

Tabelle 17: Mittlere individuelle Reaktionszeiten (in 1/100 sec) unterbrochener und nicht unterbrochener Bewegungen auf häufig und selten erscheinende Signale

Vpn	S I G N A L E			
	häufig (80%)		selten (20%)	
	nicht unterbrochen	unterbrochen	nicht unterbrochen	unterbrochen
1	36,00	36,39	42,09	33,15
2	33,94	32,28	37,69	29,80
3	33,37	29,44	36,05	30,29
4	41,07	32,18	42,27	31,50
5	36,07	38,20	39,17	36,22
6	40,58	39,54	46,21	37,01
7	42,86	44,07	43,22	37,98
8	31,45	29,30	41,13	31,33
9	47,80	44,00	48,60	43,77
10	36,07	36,35	34,87	37,59
11	38,32	34,67	47,80	28,01
12	38,47	32,38	46,66	42,54
13	38,89	32,26	39,37	42,15
$\bar{X}$	38,07	35,47	41,93	35,49

Erläuterung: Vp Nr.1 antwortete auf das häufige Signal im Mittel nach 36,00, auf das seltene erst nach 42,09/100 sec. Sollte die häufig ausgeführte Tätigkeit unterbrochen

Werden, stieg die Reaktionszeit auf 36,39/100 sec. Demgegenüber verringerte sich diejenige der selten verrichteten Tätigkeit unter der gleichen Bedingung auf 33,15/100 sec.

Mit den in Tabelle 17 enthaltenen Daten wurde eine Varianzanalyse mit einem Meßwert pro Feld (WALKER & LEV 1953, 363-368) durchgeführt. Die einzelnen Variable und deren Klassen trugen folgende Bezeichnungen:

Variable A: Signalfrequenz (hoch-niedrig)

B: Bewegungsablauf (unbeeinflusst-unterbrochen)

C: Individuum (13 Vpn)

Die Resultate der Berechnungen sind in Tabelle 18 zusammengestellt.

Tabelle 18: Varianzanalyse der Reaktionszeiten mit den im Text erläuterten Variablen

Quelle der Varianz	df	m.Q.	F	p < 0,05 = s p < 0,01 = ss
BSS _A (Signalhäufigkeit)	1	490.600	4.78	s
BSS _B (Bewegungsablauf)	1	2.660.300	25.90	ss
BSS _C (Vpn)	12	582.233	5.66	ss
BSS _{AB}	1	480.290	4.68	(s)
BSS _{AC}	12	957.745	9.32	ss
BSS _{BC}	12	124.404	1.21	
BSS _{ABC}	12	102.728		

Anmerkung: Als Fehlerschätzung diente (ebenso wie bei allen folgenden Analysen) die Wechselwirkungsvarianz höchster Ordnung. Eine Konsolidierung, etwa durch Hinzunahme aller nicht-signifikanten Wechselwirkungen niedriger Ordnung, wurde nicht vorgenommen. Zwar ist BSS_{ABC} in obiger Tabelle zufällig gerade die niedrigste Wechselwirkungsvarianz, doch dürfte dieses Verfahren, das in der angelsächsischen Literatur üblich ist, allgemein weder besonders konservativ noch ausgesprochen inkonservativ sein. Vielmehr nimmt es wohl in dieser Hinsicht eine

Mittelstellung zwischen den von MITTENECKER (1963, 139/40) vorgeschlagenen Möglichkeiten ein, 1) alle Wechselwirkungsvarianzen oder 2) die drei bis vier niedrigsten Wechselwirkungen zusammenzufassen und zu mitteln. Die Anwendung dieses Verfahrens in unseren Versuchen ist deshalb völlig unproblematisch, weil die für die Beantwortung der Fragestellung wesentlichen Effekte (einschließlich der Wechselwirkungen) auch bei Einzelprüfungen mit dem WILCOXON-Test in allen Untersuchungen ebenso signifikant bzw. nicht signifikant ausfallen.

Mit dem WILCOXON-Test (SIEGEL 1956, 75-83) wurden die Mittelwerts-Differenzen zwischen den einzelnen Bedingungen auf statistische Bedeutsamkeit geprüft. Tabelle 19a enthält die ermittelten Resultate.

Tabelle 19a: Mittlere Reaktionszeit (in 1/100 sec) unbeeinflusster und unterbrochener Bewegungen auf häufige und seltene Signale $s = p < 0,05$; $ss = p < 0,01$

	S I G N A L E	
	häufig (80%)	seltene (20%)
nicht unterbrochen	38.07 ss	41.93 ss
unterbrochen	35.47	35.49

Erläuterung: Im Mittel der Vpn ergab sich als Reaktionszeit auf die häufigen Signale 38,07/100 sec. Sollten diese Bewegungen unterbrochen werden, verkürzte sich die Latenz signifikant auf 35,47/100 sec.

Der empirische F-Wert von 4,68 der Wechselwirkung zwischen Bewegungsablauf und Signalfrequenz verfehlt nur um wenig das für die Freiheitsgrade 1 und 12 kritischen F-Wert von 4,75. Man darf wohl vermuten, daß die Differenz zwischen den Reaktionszeiten unbeeinflusster und unterbrochener Bewegungen bei den seltenen Signalen nicht nur zufällig größer ausgefallen ist als die entsprechende bei den häufigen Signalen, sondern daß ein systematischer Faktor (nämlich die verschiedene Darbietungswahrscheinlichkeit der Signale) diesen Unterschied bewirkt hat.

In der nachfolgenden Tabelle 19b sind die Streuungen der mittleren individuellen Reaktionszeiten angegeben. Es ergaben sich zwischen ihnen keine bedeutenden Unterschiede.

Tabelle 19b: Streuungen der mittleren individuellen Reaktionszeiten unbeeinflußter und unterbrochener Bewegungen auf häufige und seltene Signale (vgl. dazugehörige Reaktionszeiten Tabelle 17)

	S I G N A L E	
	häufig	selten
nicht unterbrochen	4,37	4,46
unterbrochen	4,90	5,25

III. Fehlerhäufigkeiten

Diejenigen Bewegungen, die einesder auf Seite 53 genannten Kriterien erfüllten, galten als Fehler. Ihre Anzahl wurde bezogen auf die Gesamtanzl aller unter den einzelnen Bedingungen erfolgten Reaktionen. Die erhaltenen Prozentwerte sind in Tabelle 20 zusammengestellt.

Tabelle 20: Individuelle Fehlerprocentsätze aller unterbrochenen und nicht unterbrochenen Bewegungen in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Ausföhrung

	S I G N A L E			
	häufig (80%)		selten (20%)	
Vpn	nicht unterbrochen	unterbrochen	nicht unterbrochen	unterbrochen
1	0,00	2,63	0,00	25,00
2	0,00	0,00	5,26	25,00
3	6,10	13,16	10,53	16,67
4	0,00	8,11	5,26	25,00
5	6,17	5,26	10,53	25,00
6	1,22	0,00	5,00	25,00
7	1,20	5,26	10,53	25,00
8	1,20	0,00	5,00	22,22
9	2,38	0,00	5,26	8,33
10	2,47	0,00	15,79	0,00
11	3,70	6,67	5,26	50,00
12	1,22	7,89	10,53	8,33
13	0,00	7,89	15,79	18,18
$\bar{X}$	1,98	7,12	8,03	21,64

Erläuterung: Vp Nr.1 machte bei unbeeinflußtem Bewegungsablauf weder auf häufige noch auf seltene Signale Fehler. Wurden die Tätigkeiten jedoch unterbrochen, unterliefen ihr 2,63 bzw. 25,00 % Fehler.

Die mittleren Differenzen der Fehlerprozent zwischen den einzelnen Bedingungen wurden mit dem WILCOXON-Test auf Signifikanz geprüft. Die Resultate dieser Berechnungen befinden sich in Tabelle 21.

Tabelle 21: Mittlere Fehlerhäufigkeit in % bei unterbrochenen und nicht unterbrochenen Bewegungen auf häufige und seltene Signale
 $s = p < 0,05$; $s = p < 0,01$

S I G N A L E

	häufig		selten
nicht unterbrochen	1,98 ss		8,03
	(s)		ss
unterbrochen	7,12 ss		21,64

Erläuterung: Bei den häufig ausgeführten Bewegungen betrug der Fehleranteil im Mittel 1,98 %. Wurden diese Tätigkeiten unterbrochen, stieg der Fehleranteil statistisch fast signifikant auf 7,12 % ($T_{emp} = 15$ verfehlt nur um einen Punkt das für $N = 12$ kritische $T = 14$).

Der Fehleranstieg von 8,03 auf 21,64 % durch Unterbrechung der selten ausgeführten Handlungen ist signifikant größer als der entsprechende von 1,98 auf 7,12 % bei den häufig ausgeführten (P kl. 5 %, WILCOXON-Test über Doppeldifferenzen).

Die Reaktionszeiten der falsch ausgeführten Bewegungen wurden nicht berechnet, da nach Untersuchung A keine systematischen Abweichungen von denen der richtigen Bewegungen zu erwarten waren. Auch in den folgenden Untersuchungen wird deshalb dieses Merkmal nicht berücksichtigt.

IV. Zusammenhang zwischen Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg

Das von uns verwendete Modell der Handlungssteuerung in Wahl-Situationen sieht bisher Reaktionszeit und Fehlerhäufigkeit als abhängige Größen der Entscheidungsprozesse an, auf Grund derer die vorbereiteten Handlungstendenzen

den jeweiligen Start-Signalen zugeordnet werden sollen. Es war postuliert worden, die Wahrnehmung des Unterbrechungs-Signales störe diese Prozesse. Durch den Ausfall von Entscheidungen weise die Bewegung zwar eine kürzere Latenzzeit, jedoch auch größere Fehlerhaftigkeit auf. Je deutlicher nun eine derartige Störung ist, um so mehr Entscheidungen fallen aus, um so niedriger werden deshalb auch im Mittel die Reaktionszeiten und um so höher die Fehlerzahlen liegen. Ein derartiger Zusammenhang zwischen beiden Merkmalen tritt bei der Betrachtung von Gruppen-Mittelwerten in der Weise hervor, wie dies bei den Ergebnissen der Fall war. Darüberhinaus muß in gewissem Maße sichergestellt sein, daß die größere oder kleinere Reaktionszeit-Verkürzung jeweils dieselben Vpn betrifft wie die größere oder kleinere Fehlerzunahme.

Als Maß für die Reaktionszeit-Verkürzung wurde der Quotient aus den Reaktionszeiten unbeeinflusster und unterbrochener Bewegungen gebildet; für die Fehlerhäufigkeiten wurden die absoluten Differenzen zwischen den Fehlerprozent unbeeinflusster und unterbrochener Vollzüge berechnet. Diese Werte wurden mittels der Rangkorrelation nach SPEARMAN zueinander in Beziehung gesetzt. Tabelle 22 enthält die Koeffizienten.

Tabelle 22: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg durch Unterbrechung häufiger und seltener Tätigkeiten

S I G N A L E		
	häufig	seltener
r'	0,58	0,86
p kl.0,02		0,01

Nahezu gleiche Koeffizienten ergeben sich bei Verwendung der absoluten Fehlerhäufigkeiten allein der unterbrochenen Bewegungen. Diese Beträge korrelieren mit den Reaktionszeit-Quotienten mit $r' = 0,58$ und $r' = 0,68$ für häufige bzw. seltene Signale.

D. DISKUSSION

I. Reaktionszeiten

Voraussetzung zur Überprüfung unserer ersten Hypothese waren längere Reaktionszeiten auf seltene als auf häufige Signale. Das in den Tabellen 17 und 19 a wiedergegebene Material erfüllt diese Bedingung und bestätigt damit den in der Literatur bereits mehrfach beschriebenen Sachverhalt. Wie aus Tabelle 17 ersichtlich, ist der Effekt interindividuell bemerkenswert einheitlich. Lediglich die Vp 10 antwortete auf das relativ seltene Signal etwas schneller als auf das häufige. Auf Befragen im Anschluß an den Versuch äußerte sie, einen besonderen Ehrgeiz bezüglich der schnellen Beantwortung auch des seltenen Signales entwickelt zu haben.

Die mittleren Reaktionszeiten auf die ersten 28 Signale betrugen 44,40 und 46,86/100 sec für häufiges bzw. seltenes Signal und liegen damit etwas über denen der später ausgeführten Tätigkeiten, was auf Grund der noch geringen Übung zu erwarten war. Zwar lag auch hier schon die mittlere Latenz für die seltenen Signale numerisch über der für häufige, doch bestand interindividuell Regellosigkeit, so daß die Differenz von 2,46/100 sec nicht zu sichern war.

Auf Grund der fast signifikanten Wechselwirkung zwischen Bewegungsablauf und Signalfrequenz kann die der Untersuchung vorangestellte Hypothese a) als verifiziert gelten. Dies erscheint besonders gerechtfertigt insofern, als eine Exklusion der Vp 10, die dem Ergebnis der Befragung zufolge nicht unangebracht wäre, den F-Wert über die Signifikanz-Grenze ansteigen ließe.

Die geringe Anzahl der Vpn, denen auf Grund der Exposition des Unterbrechungs-Signales noch die Unterdrückung der beabsichtigten Bewegung gelang, sowie die Seltenheit,

mit der dies individuell der Fall war, machen deutlich, daß die Verkürzung der Reaktionszeit nicht durch eine einseitige Auswahl relativ schneller Reaktionen zustandekommt (vgl. Ausführungen S. 41/42). Auch die Vpn, bei denen jedesmal eine Reaktion erfolgte, zeigten die Verkürzung. Andererseits ist nicht ausgeschlossen, daß bei solchen Vpn, denen manchmal die Unterdrückung gelingt, nicht eine besonders deutliche Verkürzung auftritt. In diesem Fall würde die Auswahl relativ schneller Reaktionen zwar keine ausschließliche, aber doch zusätzliche Rolle bei der Verkürzung der Reaktionszeit unterbrochener Tätigkeiten spielen. Für eine Klärung dieser Überlegungen ist die Zahl der Vpn in dem geschilderten Experiment zu niedrig.

II. Fehlerhäufigkeiten

Für die Voraussetzungen und deren Erfüllung hinsichtlich der Untersuchungshypothese b) gilt analog das bei den Reaktionszeiten erwähnte. Auch die Fehlerhäufigkeiten erwiesen sich als ein erstaunlich zuverlässiges Merkmal, zeigten doch alle 13 Vpn bei seltenen Signalen mehr Fehler als bei häufigen (unbeeinflusster Bewegungsablauf).

Auch das Ansteigen der Fehlerquoten durch Unterbrechung besonders der selten ausgeführten Tätigkeiten stellt sich interindividuell einheitlich dar. Lediglich die Vp 10, die bereits hinsichtlich der Reaktionszeiten auffällig war, fiel hier aus dem Rahmen, indem sie als einzige bei der Unterbrechung der seltenen Bewegungen überhaupt keine Fehler machte.

E. INTERPRETATION

Infolge der Verifikation der dem Experiment vorangestellten Hypothesen wurde auch das zugrundeliegende Modell wahrscheinlicher gemacht. Der Ausgang der Versuche machte keine Zusatz-Annahmen erforderlich, ermöglichte jedoch auch keine sinnvolle Differenzierung.

F. ZUSAMMENFASSUNG

In einer Zweifach-Wahl-Situation mußte auf zwei verschiedene Signale eine von zwei Bewegungen ausgeführt werden.

Die Wahrscheinlichkeit für das Erscheinen der Start-Signale betrug $8/10$ und $2/10$. Bei Erscheinen eines Zusatz-Signales sollten die Bewegungen "unterbrochen" werden, bevor sie begonnen hatten.

Reaktionszeit und Fehlerhäufigkeit lagen bei den relativ seltenen Signalen höher als bei den relativ häufigen.

Durch Unterbrechung der häufig und selten ausgeführten Bewegungen sank die Reaktionszeit und stieg der Fehleranteil besonders stark bei den seltenen Tätigkeiten.

Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg korrelierten miteinander signifikant.

U N T E R S U C H U N G C

ÜBERPRÜFUNG DER VARIABLE: ZAHL DER WAHLMÖGLICHKEITEN

A. VORAUSSETZUNGEN, HYPOTHESEN

Die Untersuchungen zur Reaktionszeit und deren Determinanten erfuhren durch die Arbeit von HICK (1952) einen bemerkenswerten Aufschwung. Dieser hatte Resultate von MERKEL (1885) insofern neu aufbereitet, als er die Zahl der jeweils zur Verfügung stehenden Wahlmöglichkeiten in Einheiten der Informationsmenge ausdrückte, die von den Vpn für das Zustandebringen einer richtigen Reaktion verarbeitet werden muß ($H = \log_2 n$; H = Informationsbetrag, n = Zahl der Wahlmöglichkeiten). Die mittlere Reaktionszeit erwies sich als lineare Funktion dieses Informationsgehaltes; eigene Versuchsergebnisse stützten die angestellten Beobachtungen.

In der Zwischenzeit haben Versuche von HYMAN (1953), BROWN (1960), BRAINARD et al. (1962), ROTH (1954), LAMB & KAUFMANN (1965) die gefundene Beziehung bestätigt. (s.auch WELFORD 1960).

SCHMIDTKE (1961a) zeigte allerdings, daß diese bei mehr als 10 Wahlmöglichkeiten verloren geht.

Gleich ihm verwiesen schon MOWBRAY & RHOADES (1959) sowie MOWBRAY (1960) darauf, die Zunahme der Reaktionszeit über der Alternativenzahl zeige sich nur bei ungeübten Vpn. Im Stadium hoher Übung könne sie nur verfolgt werden, wenn die Vpn lediglich auf das Erscheinen eines bestimmten, vorher festgesetzten Signales antworten müßten (sie also wüßten, welches die Reaktion sei, aber nicht, wann sie erfolgen sollte).

LEONARD (1959) ließ die Finger seiner Vpn auf Knöpfe

legen. Begannen die letzteren zu vibrieren, mußten sie möglichst schnell niedergedrückt werden. Ein systematischer Anstieg der Reaktionszeiten fand sich nur zwischen der Einfach-Reaktion und der Zweifach-Wahl, nicht aber darüberhinaus auch zwischen den Mehrfach-Wahlen (2, 4 und 8 Möglichkeiten).

Zu ähnlichen Resultaten gelangten auch FITTS & SWITZER (1962), deren Vpn exponierte Zahlen und Buchstaben verbal wiedergeben mußten. Die Reduktion der Reaktionszeiten mit Abnahme der Alternativenzahl war unter keiner Bedingung bedeutsam.

Auf Grund dieser Ergebnisse scheinen wesentliche Effekte seitens der Zahl der Wahlmöglichkeiten nur bei geringer Vergleichbarkeit von Signal und Antwort aufzutreten. Die zuletzt genannten Autoren forderten aus diesem Grunde neue Codierungssysteme für Signale und Reaktionen. Auch LEONARD (1961) vertritt die Ansicht, es sollten ausschließlich solche Versuchstätigkeiten ersonnen werden, bei deren Verrichtung ein "automatisches" Vorgehen der Vpn unmöglich sei.

All diese Untersuchungen invalidieren jedoch offensichtlich nicht prinzipiell das Konzept der Reaktionszeit-Verlängerung mit Zunahme der Alternativen-Zahl, sondern beschränken es auf bestimmte Bedingungen. Unter Einhaltung derselben ist dagegen mit der genannten Beziehung zu rechnen. Für diesen Fall gilt folgende Hypothese (die allgemeinen Ausführungen bezüglich unseres Modells brauchen an dieser Stelle nicht wiederholt zu werden): Der Unterbrechungseffekt, also Ausmaß von Reaktionszeit-Verkürzung (und Fehleranstieg) wächst mit der Zahl der jeweils vorhandenen Wahlmöglichkeiten. Die Beziehung zwischen Unterbrechungseffekt und der in der Versuchssituation enthaltenen Informationsmenge ist linear.

Die Worte "und Fehleranstieg" stehen in Klammern, weil bei der verwendeten Versuchstätigkeit Fehlreaktionen praktisch nicht zu erwarten waren.

Die Versuchsanordnung gestattete neben der Ermittlung der Reaktionszeiten auch die der Bewegungszeiten.

Darüber erlaubt unser Modell noch keine Vorhersagen. Trotzdem schien es nicht unwichtig, auch dieses Merkmal auf seine Abhängigkeit von der Unterbrechung zu untersuchen.

B. METHODE

I. Allgemeine Anordnung

Die Aufgabe der Vpn bestand in einer Wahl-Reaktion. Die Zahl der Reaktionsmöglichkeiten wurde variiert. Auf das Erscheinen eines von einem, von zwei, vier oder zehn möglichen Signalen hatten die Vpn eine jeweils zugeordnete Bewegung unverzüglich und möglichst schnell auszuführen.

Manchmal erschien mit dem jeweiligen Start-Signal ein zusätzliches Signal. Dieses war das Zeichen zum sofortigen Abbruch der begonnenen oder beabsichtigten Bewegung.

II. Apparatur

Auf einer waagerechten Fläche befanden sich zehn halbkreisförmig angeordnete Metallplättchen. Jedes von ihnen wies einen Durchmesser von 2 cm auf. Der Radius von einem zentral angeordneten Start-Punkt zu den Plättchen betrug 12 cm.

An einem aufrecht stehenden Schirm waren in derselben Anordnung 10 Lämpchen befestigt. Leuchtete eines von ihnen auf, mußte die Vp mit einem Metallgriffel möglichst schnell von dem Ruhepunkt aus das durch den Stand des Lämpchens angezeigte Metallplättchen ansteuern und berühren. (Bei der Rückbewegung zum Ruhe- bzw. Start-Punkt konnte ein beliebiges Tempo eingeschlagen werden.)

Die Reaktionszeit wurde mit Hilfe einer Uhr gemessen, die mit dem Aufleuchten des Start-Signales anlief und stoppte, wenn die Vp ihren Griffel von dem Ruhepunkt abhob. Im Augenblick des Stiftabhebens lief eine zweite Uhr an, die beim Berühren der Zielplättchen anhielt. Auf diese Weise konnte die Bewegungszeit gemessen werden.

Ein Zähler und eine mit ihm gekoppelte Anzeigeleuchte registrierten versehentliches Berühren von nicht angezeigten Ziel-Punkten (=Fehlreaktionen).

Um den Vpn die Aufforderung zum Unterlassen oder Unterbrechen ihrer Bewegung zu signalisieren, wurde der Ton einer Schnarre verwendet (Unterbrechungs-Signal).

III. Intervallgröße zwischen Start-Signal und Unterbrechungs-Signal

Der Abstand, in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal folgte, betrug 0,06 sec.

IV. Versuchspersonen

Als Versuchspersonen fungierten 5 männliche und 11 weibliche (N = 16) Psychologiestudenten im Alter von 19 bis 25 Jahren.

V. Aufbau, Durchführung und Ablauf der Versuche

Der Gesamtversuch gliederte sich - entsprechend den zur Wahl stehenden Reaktions-Möglichkeiten - in vier Versuchs-Reihen.

Reihe A: Aufleuchten nur der äußersten linken Lampe (als Ziel kam entsprechend nur das äußerste linke Plättchen in Frage)

Reihe B: Aufleuchten der ersten oder zweiten Lampe von links nach Zufall

Reihe C: Aufleuchten der ersten, zweiten, dritten oder vierten Lampe von links nach Zufall

Reihe D: Aufleuchten einer der zehn Lampen nach Zufall

Die vier Versuchs-Reihen wurden in einer Sitzung unter Einlegung kurzer Pausen, die vor allem der neuen Instruierung dienten, hintereinander durchgeführt. Um Übungsfortschritte von Reihe zu Reihe nach Möglichkeit auszugleichen, wurden die vier Variationen in einem Lateinischen Quadrat (FISHER 1953. S.80) angeordnet.

Pro Reihe waren 60 Einzelreaktionen vorgesehen. Davon wurde durchschnittlich jede fünfte nach Zufall von einem Unterbrechungs-Signal begleitet.

Dem eigentlichen Start-Signal ging jeweils um konstant 1 sec ein akustisches Vorsignal voraus. Nach jeder Reaktion verblieben der Vp zumindest drei Sekunden bis zum nächsten Vorsignal.

Der gesamte Versuchsablauf, die Auswahl und Auslösung der Start-Signale sowie die ^{zufällige} Plazierung der Unterbrechungs-Signale, wurde automatisch gesteuert. *)

Die Vp (Einzelversuch) befand sich allein in einem Raum. Sie wurde instruiert, sich gut zu konzentrieren und beim Aufleuchten des jeweiligen Lichtes maximal schnell zu reagieren. Vor den einzelnen Versuchs-Reihen wurde sie darauf aufmerksam gemacht, welche Lichter erscheinen könnten und welche auf keinen Fall zu erwarten wären. Auf das Unterbrechungs-Signal wurde in folgender Weise hingewiesen: "Manchmal wird mit dem Aufleuchten eines der Start-Signale eine Schnarre ertönen. Dies ist für Sie das Zeichen zum sofortigen Abbruch der von Ihnen begonnenen oder beabsichtigten Bewegung."

Der V1 saß mit den Stoppuhren in einem Nebenraum.

Vor Beginn jeder Versuchs-Reihe wurden einige Start-Signale zur Überprüfung des Instruktionsverständnisses und zur Eingewöhnung gegeben.

Für jede Vp dauerte der Versuch ca. 45 Minuten. **)

*) Herrn Dipl.-Psych. K. T. KALVERAM wird gedankt für die Ausarbeitung entsprechender Flußdiagramme.

**) Die Versuche wurden von Frl. O. HILDEBRAND im Rahmen einer Semesterarbeit durchgeführt.

C. ERGEBNISSE

I. Häufigkeit unterbrochener Reaktionen

Die relative Häufigkeit der vollständig unterdrückten Bewegungen (= Vp verharret auf Grund des Unterbrechungs-Signales auf dem Ruhepunkt) an den unterbrochenen betrug im Mittel aller Vpn und Versuchs-Reihen nur 5,1 %. Die nachfolgende Tabelle enthält die Zahl vollständig gelungener Unterbrechungen für diejenigen Vpn (8 von 16), bei denen dieses Merkmal überhaupt auftrat. (vgl. Tabelle IV des Anhangs).

Tabelle 23: Absolute Anzahl vollständig gelungener Unterbrechungen unter Berücksichtigung der Zahl der Wahlmöglichkeiten (Zahl der Unterbrechungs-Signale in jeder Bedingung ca. 12)

Vp	Zahl der Wahlmöglichkeiten			
	1	2	4	10
1	1	-	-	-
3	-	1	-	-
4	1	-	2	2
5	4	1	5	-
7	1	-	-	-
10	4	6	3	-
12	3	3	1	-
13	-	-	1	-
Summe:	14	11	12	2

Erläuterung: Allein Vp 4 gelang es bei 10-fach-Wahl (u.z. 2 mal), die beabsichtigten Bewegungen vor deren Beginn wieder zu unterdrücken. Bei 4-fach-Wahl war dieses ebenfalls 2 mal, bei 2-fach-Wahl niemals und im Einfach-Reaktionsversuch einmal der Fall.

II. Reaktionszeit der richtigen Bewegungen

Wie bereits erläutert, ist es eine Ermessensfrage, welche Reaktionen als "richtig" und welche als "falsch" gelten sollen. Jene Reaktionen, welche trotz Unterbrechungs-Signal erfolgen, sind zweifellos zu einem guten Teil durch die spezielle Versuchsanordnung erzwungen: Ein Signal, welches einer beabsichtigten Reaktion um wenige hundertstel

Sekunden vorausgeht, kann schon wegen der Leistungsgeschwindigkeit der Nerven nicht mehr berücksichtigt werden.

Ähnlich dem Vorgehen in den früheren Untersuchungen wurden deshalb nur jene Reaktionen als "Fehler" bezeichnet und verwertet, bei welchen nicht das angezeigte Ziel angesteuert wurde. Das war nur bei weniger als 1% aller Reaktionen der Fall. Bei dieser Seltenheit der kritischen Ereignisse und der damit zu erwartenden geringen Zuverlässigkeit der entsprechenden Daten wurde auf eine gesonderte Analyse von Anzahl und Reaktionszeit der Fehler verzichtet.

Wie bisher üblich, wurde aus den Reaktionszeiten wieder jeweils das harmonische Mittel gebildet. Nachfolgende Tabelle enthält die wichtigsten Werte (entnommen der Tabelle IVa des Anhangs).

Tabelle 24a: Mittlere Reaktionszeit (in 1/100 sec) unbeflußter und unterbrochener Bewegungen in Abhängigkeit von der Zahl der Wahlmöglichkeiten

Bewegung	Zahl der Wahlmöglichkeiten			
	1	2	4	10
nicht unterbrochen	24.37	ss 27.22	29.56 ss	36.23
	ss	ss	ss	ss
unterbrochen	20.80	ss 22.82	24.22 ss	30.17

Erläuterung: Ohne Unterbrechungs-Signal betrug die Reaktionszeit im Einfach-Reaktionsversuch 24,37/100 sec. Sollten diese Reaktionen jedoch unterdrückt bzw. unterbrochen werden, sank die Reaktionszeit auf 20,8₁₀₀sec. Erschien nach Zufall eines von zwei Lichtern, auf das geantwortet werden mußte, vergrößerte sich die Latenz signifikant auf 27,22 /100 sec usw. Prüfung der statistischen Bedeutsamkeit mit dem WILCOXON-Test. ss bezeichnet eine Zufallswahrscheinlichkeit von kl. 1% und bezieht sich auf die Differenzen zwischen den Werten in jeweils benachbarten Zellen.

Tabelle 24b: Streuung der den mittleren Reaktionszeiten von Tabelle 24a zugrundeliegenden individuellen Mittelwerte

Bewegung	Zahl der Wahlmöglichkeiten			
	1	2	4	10
nicht unterbrochen	4.80	5.49	5.49	7.05
	ss	(s)		ss
unterbrochen	3.85	4.88	5.53	5.90

Erläuterung: Auf Unterschied geprüft wurden nur jeweils untereinanderstehende Werte. Methode: t-Test für korrelierende Varianzen (GUILFORD 1965, S.194) P kl.10% = (s), P kl. 1% = ss.

Die Werte der Tabelle 24a sind in Abb.8 graphisch veranschaulicht. Als Abzissenmaßstab wurde der Informationsgehalt der Start-Signale in den einzelnen Versuchs-Reihen in bit gewählt, wobei im Gegensatz zu HYMAN (1953), BRICKER (1955) und LEONARD (1961), jedoch in Übereinstimmung zu HICK (1952), die Zahl der Alternativen um die Konstante 1 vermehrt wurde. Letzterer ist dabei folgender Überlegung nachgegangen: Die der Aufgabe konfrontierte Vp weiß üblicherweise nicht, im welchem Augenblick das Signal erscheinen wird, auf das sie antworten soll. In dem Augenblick, da dieses erscheint, hat sie zweierlei zu entscheiden: a) ob überhaupt ein Signal erschienen ist, b)welches es ist. Unterläßt sie die Entscheidung a) kommt es entweder zu einer Reaktion, wenn gar kein Signal exponiert ist, oder die Reaktion bleibt aus, wenn eins vorhanden ist. Die Vermeidung derartiger Fehler kommt einer zusätzlichen Aufgabe gleich. Man wird ihr durch Addition der Konstanten 1 zu der Anzahl der möglichen Alternativen gerecht.

Auch FITTS et al. (1963) vertreten die Ansicht, die Entscheidung, ob sich eine Situation ohne Signal in eine solche mit Signal gewandelt habe, sei nicht grundsätzlich

von der Entscheidung verschieden, welches von zwei Signalen erschienen sei.

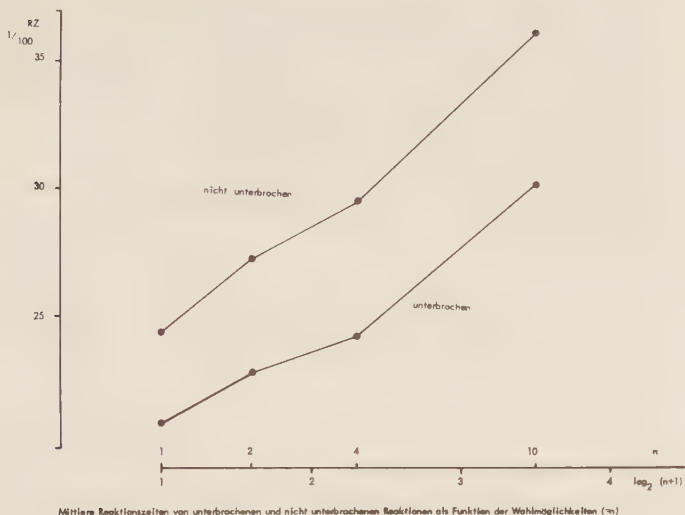


Abb. 8

Mit den der Tabelle 24 a zugrundeliegenden Daten wurde eine Varianzanalyse mit einem Meßwert pro Feld durchgeführt. Die einzelnen Variable und deren Klassen waren folgende:

Variable A: Individuen (16 Vpn)

Variable B: Bewegungsablauf (unbeeinflusst/unterbro.)

Variable C: Zahl der Wahlmöglichkeiten (1,2,4,10)

Die Resultate der Berechnungen sind in Tabelle 25 enthalten.

Zusammenfassung der Tabellen 24 a und 25:

1) BSS_A ss besagt:

Die Vpn weisen deutlich unterschiedliche Reaktionszeiten auf. Die Frage, welche der Individuen sich hinsichtlich ihrer Reaktionszeit überzufällig voneinander unterscheiden, interessierte hier nicht.

2) BSS_B ss besagt:

Die Reaktionszeit der unterbrochenen Bewegungen lag unter derjenigen der unbeeinflusst ablaufenden.

Tätigkeiten, die unterdrückt werden sollten, bevor sie begonnen hatten, wurden meist doch noch angefangen, und zwar schneller als dies (im Mittel) ohne das Signal zum Abbruch geschah (s. Tabelle 24a: Alle Unterschiede zwischen

den Zeilen sehr signifikant)

3) BSS_{ss} besagt:

Zwischen den Versuchen mit unterschiedlich vielen Wahlmöglichkeiten bestanden bedeutsame Differenzen hinsichtlich der mittleren Reaktionszeit.

Je mehr Möglichkeiten zur Wahl stehen, je geringer damit die Chance wird, durch eine zufällig ausgesuchte Bewegung das Richtige zu tun, um so länger wird die Reaktionszeit (s. Tabelle 24a: Unterschiede nur zwischen 2 und 4 Wahlmöglichkeiten nicht signifikant).

4) BSS_{AxB} nicht signifikant besagt:

Das Maß der Reaktionszeit-Verkürzung bei beabsichtigter Unterbrechung der Bewegung war interindividuell einheitlich.

5) BSS_{AxC} ss besagt:

Die Verlängerung der Reaktionszeit mit Anwachsen des Informationsbetrages trat nicht bei allen Vpn im gleichen Ausmaß auf: Einige waren davon stärker, andere weniger stark betroffen.

6) BSS_{BxC} s besagt:

Das Ausmaß der Reaktionszeit-Verkürzung bei beabsichtigter Unterbrechung der Bewegung war abhängig vom Informationsgehalt der Start-Signale. Mit zunehmender Zahl der Wahlmöglichkeiten wuchs die Reaktionszeit-Verkürzung absolut wie relativ nahezu linear (s. Tabelle 24a: absolute Differenzen zwischen den Zeilen: +3,57; +4,40; +5,34; +6,06. relative Differenzen: 0,172; 0,193; 0,220; 0,201).

Tabelle 25: Varianzanalyse der Reaktionszeiten mit den im Text erläuterten Variablen*)

Quelle der Varianz	df	m.q.	F	$p < 0,05 = s$ $p < 0,01 = ss$
BSS_A Individuum	15	1.697.204	65,21	ss
BSS_B Bewegungsablauf	1	7.459.936	286,63	ss
BSS_C Wahlmöglichkeiten	3	6.620.952	254.40	ss
BSS_{AxB}	15	41.555	1,60	
BSS_{AxC}	45	187.111	7,19	ss
BSS_{BxC}	3	91.374	3,51	s
BSS_{AxBxC}	45	26,026		

*) Diese und einige hier nicht wiedergegebene Berechnungen sowie die Varianzanalyse der Untersuchung E wurden freundlicherweise vom Deutschen Rechenzentrum, Darmstadt durchgeführt, wofür an dieser Stelle herzlich gedankt wird.

III. Bewegungszeiten

Es ist nicht verwunderlich, daß für die unterbrochenen Bewegungen im allgemeinen wesentlich seltener eine Bewegungszeit in der beschriebenen Weise gemessen werden konnte als eine Reaktionszeit; denn viele der Handlungen, die zwar gerade noch begonnen wurden, konnten vor Erreichen des Zieles (endgültig) gestoppt werden. Durchschnittlich in ca. 20 - 30 % der Reaktionen wurde das Zielplättchen noch berührt. Die Unterschiede zwischen den Vpn sind jedoch beträchtlich: Es gab manche die gut, andere die weniger gut in ihrer Tätigkeit innehalten konnten. Von einer Vp, die bemerkenswerterweise eine überdurchschnittlich kurze Reaktionszeit aufwies, lagen überhaupt keine Bewegungszeiten unterbrochener Bewegungen vor.

Graphische Veranschaulichung der Bewegungszeiten erbrachte Anhaltspunkte für eine positiv-schiefe Verteilungsform. Zur Verrechnung wurde aus diesem Grunde mit den Bewegungszeiten ebenso wie mit den Reaktionszeiten verfahren.

Tabelle 26: Mittlere Bewegungszeit (in 1/100 sec) unbeeinflußter und unterbrochener Bewegungen in Abhängigkeit von der Zahl der Wahlmöglichkeiten (entnommen der Tabelle IVb des Anhangs)

Bewegungen	Zahl der Wahlmöglichkeiten			
	1	2	4	10
unbeeinflußt	29,57 ss	32,84 ss	32,90 ss	36,71 s
unterbrochen	29,34	31,06	29,99	33,70

Erläuterung: Im unbeeinflußten Einfach-Reaktionsversuch betrug die Bewegungszeit 29,57/100 sec. Stand dagegen eine Alternative zur Wahl, die nach Zufall in 50 % der Fälle erschien, stieg die Bewegungszeit statistisch hochbedeutsam auf 32,84/100 sec. Unterschieds-Prüfung mit WICOXON-Test; p kl. 0,05 = s; p kl. 0,01 = ss

Die Werte der Tabelle 26 sind in Abbildung 9 graphisch veranschaulicht. Es wurde derselbe Abszissenmaßstab wie bei der Darstellung der Reaktionszeiten verwendet.

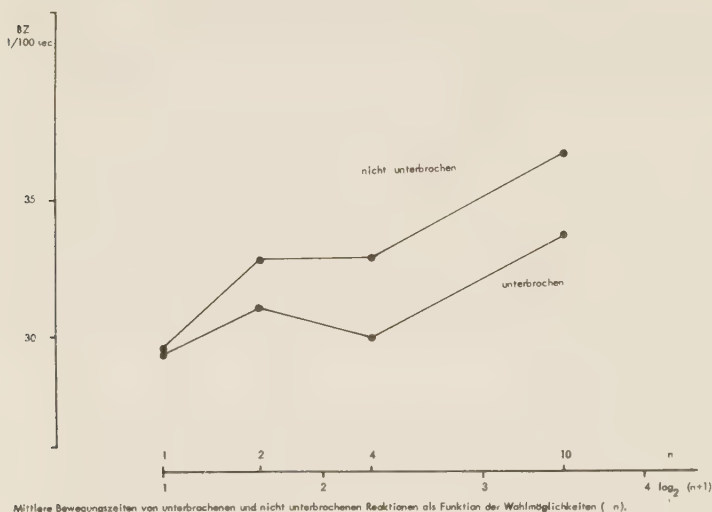


Abb.9

D. DISKUSSION

I. Reaktionszeiten

Voraussetzung zur Überprüfung unserer Hypothese waren unterschiedliche Reaktionszeiten hinsichtlich der gegebenen Alternativenzahl.

Wie der Ausgang der Versuche zeigt (vgl. Tabelle 24a und Abb.8), ist diese Bedingung erfüllt worden. Vergleichbare Resultate mit einer ähnlichen Versuchstätigkeit erhielt auch GRIEW (1959). Die Darstellung der mittleren Reaktionszeiten über dem Logarithmus der Wahlmöglichkeiten ergibt eine annähernd lineare Funktion. Eine bessere Anpassung an die zuerst von HICK (1952) gefundene Gleichung: Wahlreaktionszeit = $K \log_2 (n+1)$, wobei

K = Konstante, die etwa der Einfach-Reaktionszeit entspricht und den Wahlprozess nicht berührt,
n = Zahl der Wahlmöglichkeiten,

wäre vielleicht mit mehr Vpn und/oder längerer Übung zu erzielen gewesen (große Übung mindert allerdings - wie bereits ausgeführt - den Einfluß von n). Bemerkenswert ist die Tatsache, daß in unseren Versuchen die Zunahme der Latenzzeit von der 2- zur 4-fach-Wahl interindividuell nicht so einheitlich war, um eine Absicherung gegen Zufallseinfluß auf der üblichen 5 %-Stufe zu gewährleisten.

Nach dem Nachweis einer Wechselwirkung zwischen Alternativenzahl und Unterbrechungseffekt kann die eingangs aufgestellte Hypothese als verifiziert angesehen werden.

II. Bewegungszeiten

1) Unbeeinflußt ablaufende Bewegungen

Wie aus Tabelle 26 und Abb. 9 zu entnehmen ist, wird die Zeit für die Bewegung des Griffels vom Start- zum Zielpunkt länger mit zunehmendem Informationsgehalt der Start-Signale. Mit den Reaktionszeiten ergibt sich insofern eine frappante Übereinstimmung, als in beiden Fällen das Anwachsen der Zeiten zwischen der 2- und 4-fach-Wahl-Situation numerisch am geringsten und statistisch jeweils nicht zu sichern ist.

Es sei darauf hingewiesen, daß die Schwierigkeit der auszuführenden Bewegung, definiert nach Amplitude und Zielgröße, in allen Versuchs-Reihen die gleiche gewesen ist. Der eben genannte Befund könnte deshalb als Hinweis aufgefaßt werden, daß mit dem Abheben des Griffels vom Ruhepunkt der eigentliche Wahlvorgang noch nicht abgeschlossen ist und ein Teil der Informationsverarbeitung noch auf dem Wege zum Ziel erfolgt.

Von derartigen Effekten wird in der Literatur bisher nicht berichtet. FITTS (1954) erarbeitete eine Formel, die Bewegungszeit, Amplitude und Zielgröße in folgender Weise miteinander verbindet:

Bewegungszeit = $a + b \log_2 (2 A/W)$, wobei
W = Breite des Zielgebietes, in dem die
Bewegung enden soll, gemessen paral-
lel zur Richtung der Bewegung,
A = Amplitude der Bewegung, gemessen
vom Start-Punkt bis zum Zentrum
des Zieles,
a und b = Konstanten.

Seitdem haben die Ergebnisse einiger Arbeiten diese Beziehung im wesentlichen bestätigt. Nur unbedeutende Modifikationen zur besseren Anpassung an die empirischen Daten wurden vorgeschlagen (WELFORD 1958, 1960; CROSSMAN 1957; ANNETT et al. 1958; FITTS & PETERSON 1964). Offensichtlich gilt die Formel jedoch nur für eine bestimmte experimentelle Situation, die auch tatsächlich in allen Fällen verwendet wurde (2-fach-Wahl). Unseren Ergebnissen zufolge sind die Konstanten a und b nicht nur abhängig von Merkmalen der Versuchstätigkeit (Richtung der Bewegung, zwei- oder dreidimensionaler Verlauf, Schwere eines mitgeführten Griffels u.ä.), sondern auch von Merkmalen der Versuchssituation (Informationsbetrag der verwendeten Signale) und/oder des Übungsgrades der Vpn. Spezifizierungen in dieser Hinsicht scheinen dringend geboten.

2) Unterbrochene Bewegungen

Aus Tabelle 26 kann entnommen werden, daß in allen Versuchen die Bewegungszeit derjenigen Bewegungen, die unterbrochen werden sollten, jedoch nicht vor Erreichen des Zieles abgestoppt werden konnten, kürzer war als die der unbeeinflusst ablaufenden. Für die Versuchs-Reihen mit 2- und 10-fach-Wahl waren diese Differenzen im einzelnen zu sichern. Auf Grund des vorliegenden Materials kann noch nicht entschieden werden, ob dieser Befund ebenfalls eine Folge der angenommenen Enthemmung ist. Unser Modell ist vorerst ein Signal-Unterscheidungs-Modell, das primär die Entscheidungsprozesse vor dem Einsetzen einer Bewegung berücksichtigt, nicht aber die Steuerung der letzteren. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Bewegungszeiten der unterbrochenen Bewegungen das Produkt einer einseitigen Auslese insofern waren, als die ursprünglich langsamen Bewegungen noch unterbrochen werden konnten.

Ein (hier nicht dargestellter Vergleich) der prozentual schnellsten Bewegungszeiten unbeeinflusster und unterbrochener Bewegungen bestärkt diese Ansicht (Differenz statistisch nicht mehr zu sichern).

III. Korrelation zwischen Reaktions- und Bewegungszeiten

Setzt man die mittleren Reaktions- und Bewegungszeiten der unbeeinflussten Reaktionen zueinander in Beziehung, ergeben sich bei 16 Meßwertpaaren (=N) folgende Korrelationskoeffizienten (PEARSON-r, GUILFORD 1965, S.97):

Tabelle 27: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Reaktions- und Bewegungszeiten der unbeeinflussten Reaktionen

	Zahl der Wahlmöglichkeiten			
	1	2	4	10
r	0,51	0,21	0,50	0,28
df	14	14	14	14
s			s	

PIERSON & RASCH (1960) ermittelten den Zusammenhang zwischen Reaktions- und Bewegungszeiten bei einzelnen Tätigkeiten wie Ausstrecken oder Beugen der Arme, der Beine usw.. Im Mittel von 9 Verrichtungen ergab sich ein $r=0,33$ ($N=32$). Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen der Literatur mit ähnlicher Fragestellung war dieser Betrag (soeben) signifikant. Die beiden Autoren sehen eine mögliche Erklärung für diesen Widerspruch darin, daß in den anderen Situationen die Bewegungen durch Berühren oder Anschlag an einem Objekt beendet wurden, bei ihnen dagegen die Begrenzung durch das Passieren einer Lichtschranke gegeben war.

Der signifikante Koeffizient von $r=0,51$ bei der Einfach-Wahl der vorliegenden Untersuchung widerspricht dieser Ansicht, denn auch hier wurde die Bewegung durch eine feste Begrenzung abgestoppt.

Innerhalb der einzelnen Vpn (Meßwertpaare: die einzelnen Reaktionen) sind Zusammenhänge zwischen Reaktions- und Bewegungszeit nicht zu erwarten (VOSSLIUS 1957). Deshalb wurden von uns Berechnungen in dieser Hinsicht nicht angestellt.

E. INTERPRETATION

Durch die Verifikation der Untersuchungshypothese ist ein weiteres Argument zur Stützung des zugrundegelegten Modells geliefert worden.

Ähnlich den Befunden der Untersuchung B (Variation der relativen Häufigkeit der Start-Signale) stützten auch die vorliegenden Resultate nicht die Annahme, die Verkürzung der Reaktionszeit unterbrochener Bewegungen sei durch rechtzeitige Unterdrückung der im Ansatz besonders langsamen Bewegungen hervorgerufen worden. Die Gegenüberstellung von Vpn mit und solchen ohne unterdrückte Reaktionen hinsichtlich des Betrages der Reaktionszeit-Verkürzung (Differenz unbeeinflusst/unerbrochen) erbringt in keiner Versuchs-Reihe bedeutsame Abweichungen von einer Zufallsverteilung (Unterschiedsprüfung mittels WHITE-Test, MITTENECKER 1963, 161-165).

Mit dem Auftreten des Unterbrechungseffektes war nach den Ausführungen von S. 44 in erster Linie bei den Wahl-Reaktionen gerechnet worden. Dennoch wurde auch bei den Einfach-Reaktionen eine statistisch bedeutsame Reaktionszeit-Verkürzung durch Unterbrechung beobachtet.

Der Geltungsbereich unserer Modellvorstellungen erweitert sich damit auch uneingeschränkt auf Einfach-Reaktionen. Diesem Umstand ist bereits in den Abbildungen 8 und 9 Rechnung getragen worden, wo die Einfach-Reaktion nicht unter der Information Null geführt wird, sondern aus den genannten Gründen (Vpn müssen in allen Reaktionsversuchen zunächst entscheiden, ob überhaupt ein Signal vorhanden ist) den Wert 1 bit erhielt.

In Abb. 10 sind die hypothetischen Reaktionszeiten unbeeinflusster und unterbrochener Bewegungen auch für den Betrag von 0 bit eingezeichnet worden, indem beide Funktionen in ihrem Verlauf nach unten ausgezogen wurden. (Die für die Information Null erschlossene Reaktionszeit unbeeinflusster Bewegungen beträgt nicht ebenfalls Null infolge bestimmter Einflüsse seitens der spezifischen Versuchstätigkeit (WELFORD 1960, S.193 und 195), die durch den

Faktor K in der Hick'schen Gleichung berücksichtigt werden). Wie zu ersehen ist, liegen die auf diese Weise extrapolierten Werte auch in diesem Punkt noch nicht zusammen, was durchaus zu erwarten gewesen wäre. Denn der Unterbrechungseffekt kann nicht bei einem System auftreten, das keine Leistung vollbringt. Parallel zur Funktion der Reaktionszeit unterbrochener Bewegungen wurde deshalb eine Gerade konstruiert, die die Funktion der empirischen Reaktionszeiten unbeeinflusster Bewegungen auf der Ordinaten schneidet (Abb.10).

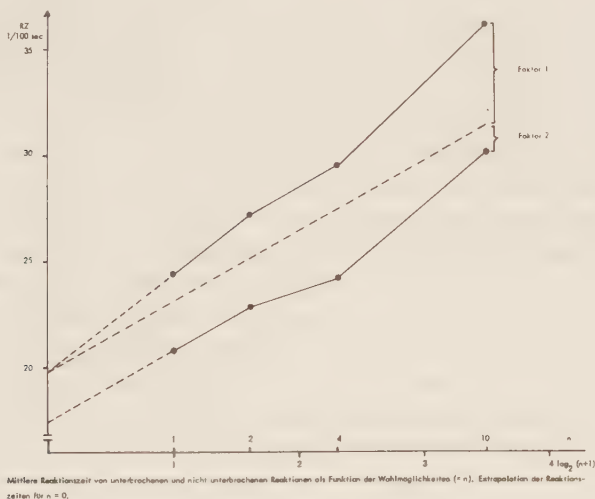


Abb. 10

Es ist zu vermuten, daß lediglich die Differenz zwischen den Reaktionszeiten unbeeinflusster Tätigkeiten und den auf dieser Geraden liegenden angenommenen Werten den eigentlichen Unterbrechungseffekt widerspiegelt (in der Abb. als "Faktor 1" gekennzeichnet). Die darüber hinausgehende Verkürzung geht wahrscheinlich zu Lasten eines oder mehrerer anderer Faktoren, die bisher in unseren Modellvorstellungen nicht berücksichtigt wurden (in Abbildung 10 als "Faktor 2" bezeichnet). Ihrer Isolierung müssen u.a. die

nächsten Untersuchungsschritte dienen, denen die folgenden Gesichtspunkte zugrundeliegen:

Alle bisher durchgeführten Versuche glichen sich darin, daß mit dem Erscheinen des Unterbrechungs-Signales stets auch die Instruktion gekoppelt war, die beabsichtigte Handlung zu unterbrechen. Es liegt nahe, das Signal dieser spezifischen Funktion zu entledigen, indem man ihm seitens der Vpn keine besondere Aufgabe zuordnet, es etwa unbeachtet bleiben läßt. Nicht ausgeschlossen ist, daß bereits die Wahrnehmung eines solchen Zusatz-Signales zu Wirkungsbildern führt, die bisher als "Enthemmung" gedeutet wurden, die jedoch weniger in der Beseitigung des postulierten Hemmungsmechanismus ihre Ursache haben als vielmehr in Erscheinungen, die Gegenstand der sogenannten "Aktivierungstheorie" sind.

Aus physiologischen Untersuchungen ist ein Teil des reticulären Systems als ein Zellverband bekannt, der auf die Hirnrinde einen ganz bestimmten Einfluß hat. "Dieses System empfängt durch Kollateralen sensorische Signale, die durch die mediale und laterale Schleife im Hirnstamm aufsteigen... Wahrscheinlich verarbeitet dieses System gewisse einfließende Reize in unspezifischer Weise und versetzt dadurch die Hirnrinde in einen erhöhten Erregungszustand oder Alarmbereitschaft.

Die Art und Weise, in der das aufsteigende reticuläre System das Elektroenzephalogramm verändert"(im Sinne einer Desynchronisation; d. Verf.) "entspricht der Veränderung, die wir normalerweise in dem Elektroenzephalogramm beim Übergang vom Schlaf zum Wachzustand sehen. Diese Ähnlichkeit war für MAGOUN und seine Mitarbeiter der Anlaß, es als Aktivierungssystem zu bezeichnen" (GLEES 1957, 296/297).

Inzwischen wurden als weitere enge Korrelate einer unspezifischen Reizung der Formatio Reticularis Veränderungen des Muskeltonus und des hautgalvanischen Widerstandes gefunden. Weniger deutlich reagieren Atmung, Blutdruck, Puls und Körpertemperatur.

Mit zunehmendem Aktivationsniveau, das DUFFY (1962, S. 19) u. a. als einen "Erregungszustand nach Abzug der offenen Aktivität" definiert, geht in der Regel zunächst eine Erhöhung, später wieder ein Abfall des psychophysischen Leistungsgrades einher. Diese zuerst von HEBB (1955) beschriebene umgekehrte U-Funktion wurde in letzter Zeit für verschiedene Vollzüge bestätigt (HORMANN & TODT 1960; SCHÖNPFLUG & SCHÄFER 1962; SCHÖNPFLUG 1965). Auch in Bezug auf Einfach-Reaktionen wurde verschiedentlich eine Verkürzung der Latenz mit erhöhtem Aktivationsniveau beobachtet (ELLINGSON 1956, LANSING et al. 1956). Über den Zusammenhang von Aktivierung und Reaktionszeiten bei Mehrfach-Wahlen liegen noch keine Ergebnisse vor. Zwar beschreibt MALMO (1959) Aktivierung als ein Phänomen relativ langsamer Veränderungen, dessen Niveauverschiebungen in der Größenordnung von Minuten oder gar Stunden erfolgen, doch wiesen beispielsweise ruhende Vpn von DAVIS (1948) bereits 0,1 sec nach Darbietung von Tönen einen heraufgesetzten Muskeltonus auf. Als dessen Folge sind kürzere Reaktionszeiten die Regel (DUFFY 1962).

Aus diesem Grund ist eine Verkürzung der Latenz auch von Mehrfach-Reaktionen infolge einer Aktivierung durch ein akustisches Signal nicht ausgeschlossen, das kurz vor dem Einsetzen der Bewegung exponiert wird. Bezogen auf das vorliegende Problem und unsere vorläufigen Arbeits-hypothesen könnte eine derartige Verkürzung auf zwei Mechanismen beruhen:

- 1) Die Aktivierung führt zu einer allgemeinen Beschleunigung der ablaufenden Entscheidungsprozesse.

In diesem Falle müßte bei relativ langer Dauer der Entscheidungsprozesse die Verkürzung durch Aktivierung stärker sein als bei relativ kurzer Dauer.

Gegen diese Annahme spricht die Tatsache, daß bisher Steuerungsfunktionen der Aktivierung nicht registriert werden konnten (MALMO 1959).

- 2) Die Aktivierung führt über Erhöhung der Sensitivität der Rezeptoren sowie Steigerung der Geschwindigkeit der Weiterleitung sensorischer und motorischer Impulse zu der Verkürzung der Reaktionszeit.

In diesem Falle müßte die Verkürzung der Reaktionszeit durch Aktivierung über dem verarbeiteten Informationsbetrag konstant sein.

Für diese Annahme sprechen u.a. die Ergebnisse von GRANIT (1955), der am Beispiel der Retina-Zellen nachwies, daß die Empfindlichkeit der Rezeptoren vom Großhirn je nach dessen Erregungszustand auf ein bestimmtes Niveau eingestellt wird.

Neuere Versuche von PFALZ (1962) bestätigen diese Befunde und deuten darüberhinaus eine selektivierende Steuerung der Sinnesrezeptoren durch zentrale Systeme in Abhängigkeit vom Aktivationsgrad an.

Weiterhin ist nach RUCH (1951) auch eine Bahnung motorischer Reaktionen durch Aktivierungsvorgänge möglich.

Verschiedentlich wird sogar vermutet, mit der Aktivierung steige "wohl auch die Geschwindigkeit der Weiterleitung eines aufgenommenen Reizes" (SCHÖNPFLUG 1965).

(Diese Angaben waren ausschlaggebend dafür, die mittlere Funktion in Abb.10 parallel zu derjenigen der Reaktionszeiten unterbrochener Bewegungen einzutragen.)

Die geäußerte Annahme wäre besonders dann berechtigt, wenn einer durch Aktivierung bedingten Reaktionszeit-Verkürzung kein Fehleranstieg gegenüberstünde.

Die nachfolgenden Versuche müssen dementsprechend klären, ob in unseren Versuchen Einflüsse der oben diskutierten Art eine Rolle spielen und welche Anteile in den Veränderungen der abhängigen Versuchs-Variable gegebenenfalls auf "Enthemmung" und "Aktivierung" entfallen.

Folgende Bemerkung sei noch nachgetragen: Für den Fall, daß die mittlere Funktion in Abb.10 tatsächlich existiert (daß es also Erscheinungen gibt, deren Merkmale denen des Unterbrechungseffektes ähnlich sind, die aber als Folgen einer Aktivierung interpretiert werden können), entsteht offenbar ein Widerspruch zu der Arbeit von HELSON & STEGER (1962). In Einfach-Reaktionsversuchen hatten beide Autoren den Einfluß von zusätzlichen Signalen auf die Reaktionszeit ermittelt. Reaktions- und Zusatz-Signal waren nebeneinander postierte Lämpchen. Im Zusammenhang mit dem Zusatz-Signal ergaben sich im Mittel verzögerte Reaktionszeiten, die besonders lang waren, wenn

das zusätzliche Signal 0,04 bis 0,14 sec nach dem Reaktions-Signal folgte. Der in Abb. 10 wiedergegebene Sachverhalt zeigt dagegen auch bei Einfachreaktionen eine Verkürzung der Reaktionszeit. Die Auflösung dieses Gegensatzes liegt darin, daß in unseren Versuchen ebenso wie in den referierten Experimenten zur Aktivierung das Zusatz-Signal ein akustisches Signal war. Erfahrungsgemäß kommt es nur bei zusätzlicher Reizung über diese Sinnes-Modalität zu nennenswerten Aktivierungs-Symptomen, wohingegen weitere gesicherte Befunde zu den Folgen schwacher optischer Zusatz-Reizung noch fehlen.

F. ZUSAMMENFASSUNG

In Reaktionsversuchen mußten die Vpn auf das Erscheinen bestimmter Signale einen Metallgriffel von einem zentralen Start-Punkt zu halbkreisförmig angeordneten Zielen bewegen. Variiert wurde die Zahl der zur Auswahl stehenden Signale (und damit der zugeordneten Reaktionen), von denen nach Zufall immer nur eines auf einmal erschien.

Durchschnittlich 20 % der Bewegungen wurden durch ein akustisches Signal "unterbrochen", bevor sie begonnen hatten. Diese Anordnung erbrachte folgende Resultate:

- 1) Die Reaktionszeit nahm annähernd linear mit dem in den Start-Signalen enthaltenen Informationsbetrag zu.
- 2) Die Bewegungszeit nahm gleichfalls zu mit der Zahl der Wahlmöglichkeiten.
- 3) Durch Unterbrechung der beabsichtigten Handlungen
 - a. verkürzte sich die Reaktionszeit proportional zu dem Informationsgehalt, der von den Start-Signalen vermittelt wurde,
 - b. verkürzte sich die Bewegungszeit. Auch in diesem Falle bestand eine Abhängigkeit von der Dauer der vorangegangenen Entscheidungsprozesse.

Die Ergebnisse wurden im Hinblick auf das entworfene Modell der Handlungssteuerung in Wahlsituationen diskutiert.

U N T E R S U C H U N G D

ÜBERPRÜFUNG DER VARIABLE:

- I. Ähnlichkeitsbeziehung zwischen Signal und Antwort
- II. Bewegungsschwierigkeit
- III. Funktion eines zusätzlichen Signales

A. VORAUSSETZUNGEN, HYPOTHESEN

I. Ähnlichkeitsbeziehung zwischen Signal und Antwort

Mit den Arbeiten von FITTS (1951), MITCHELL & VINCE (1951), FITTS & SIMON (1952) ging eine Epoche der Forschung zu Ende, in der noch einseitig entweder die Gestaltung und Anordnung von Anzeigeinstrumenten oder die Struktur der auszuführenden Überwachungs- und Bedienungs-Tätigkeiten untersucht wurde. In Experimenten, die die Variation mehrerer Signal- und Bewegungs-Muster einschlossen, wiesen FITTS & SEEGER (1953) nach, daß der Umfang der Informationsverarbeitung in wahrnehmungs-motorischen Aufgaben eine Abhängige deren Beziehung zueinander oder deren Vergleichbarkeit ist. Weder bestimmte Signal-Anordnungen noch Reaktions-Formen allein garantieren einen hohen Leistungsgrad, sondern nur deren jeweilige Kombination. Kontrolluntersuchungen, z.B. von GARVEY & KNOWLES (1954), ALLUISI & MULLER (1958) und FITTS & BIEDERMAN (1965) haben diese Befunde inzwischen bestätigt.

Mit der diffizilen Frage der Quantifizierung einer solchen Ähnlichkeit oder Verwandtschaft zwischen Signal und Antwort beschäftigten sich FITTS & DEININGER (1954), MORIN & GRANT (1955) und DEININGER & FITTS (1955).

CROSSMAN (1956) zeigte, daß bei enger Signal-Antwort-Beziehung der Einfluß der Alternativenzahl auf die Reaktionszeit in Wahl-Situation nicht so deutlich ist wie bei geringer Beziehung. LEONARD (1959), der eine noch weitergehende Verbindung zwischen Reiz und Reaktion herstellte,

fand zwischen 2-, 4- und 8-fach-Wahl überhaupt keine Unterschiede in den Reaktionszeiten mehr. Gleichsinnige Resultate lieferten Versuche von FITTS & SWITZER (1962).

BROADBENT & GREGORY (1962) untersuchten das Phänomen unter Berücksichtigung der Art des Reagierens. Auf Grund ihrer Ergebnisse gelten die Feststellungen von DONDERS (1868) nur für eine geringe Ähnlichkeitsbeziehung.

BERTELSON (1963) fand, daß die Reaktionszeit durch Einführung redundanter Signal-Folgen dann relativ am stärksten abfällt, wenn die Antworten den Signalen nur wenig ähnlich sind.

Nach GRIEW (1964) bleibt der Einfluß der Signal-Antwort-Ähnlichkeit auf die Reaktionszeit über dem Alter konstant.

BRAINARD et al. (1962) verglichen fortlaufende und diskrete Versuchstätigkeiten unter dem Gesichtspunkt variierender Ähnlichkeitsbeziehung. Eine Wechselwirkung zwischen beiden Variablen konnte nicht beobachtet werden.

Allen erwähnten Untersuchungen ist die Feststellung gemein, daß bei geringer Ähnlichkeit von Signal und Antwort die Reaktionszeit länger ist als bei hoher Vergleichbarkeit. Auf unsere Interpretation bezogen sind längere Reaktionszeiten mit ausgedehnteren, zahlreicheren Entscheidungsvorgängen seitens der Vergleichszusetzen. Eine Störung dieser Prozesse wird dann die sichtbarsten Folgen nach sich ziehen, wenn davon besonders viele (noch nicht gefällte) Entscheidungen betroffen sind.

Für unseren Versuch lautet deshalb Hypothese 1:
Der Unterbrechungseffekt fällt bei niedriger Vergleichbarkeit von Signal und Antwort stärker aus als bei hoher Vergleichbarkeit.

II. Bewegungsschwierigkeit

In der Literatur findet sich keine Begriffsbestimmung dafür, was allgemein unter einer komplizierten Bewegung im Gegensatz zu einer einfachen zu verstehen ist. Die in den einzelnen Versuchsanordnungen gewählten Tätigkeiten sind meist so beschaffen, daß der Unterschied in ihrem Schwierigkeitsgrad geradezu evident ist. Ohne Zweifel ist der Begriff "kompliziert" in diesem Sinne auch nicht sehr trennscharf, weil er drei Komponenten ungeteilt enthält, die alle in gewissem Rahmen unabhängig voneinander variieren können:

a) Zahl der räumlichen Dimensionen, innerhalb derer die Bewegung erfolgt.

Als Beispiel hierzu mögen die Versuchstätigkeiten der Untersuchung A dienen, wo die Vpn entweder einen geraden oder wellenförmigen Strich ausführen mußten. Ohne weiteres wird man zustimmen, die letztere Bewegung gegenüber der zuerst genannten als relativ kompliziert zu bezeichnen. Beide Bewegungsformen unterschieden sich, wie gezeigt wurde, geringfügig in der mittleren Reaktionszeit zuungunsten der komplizierten.

b) Zahl der beteiligten Muskel- und Körperpartien.

HENRY & ROGERS (1960) bezeichneten das Beugen des Armes gegenüber dem Krümmen eines Fingers als relativ komplizierte Bewegung und fanden bei dieser eine um 20 % längere Reaktionszeit.

c) Ausmaß, in dem Kontrollfunktionen bei der Verfolgung des Bewegungszieles eingesetzt werden müssen.

WOODWORTH & SCHLOSSBERG (1960, S.40) referieren einige Untersuchungen, in denen längere Latenzzeiten bei zielgerichteten gegenüber relativ ungesteuerten Bewegungen ermittelt wurden.

GRIEW (1959) ließ seine Vpn einen Griffel von einem Metallplättchen zum anderen bewegen (einfache Bewegung).

Die Schwierigkeit der Tätigkeit wurde dadurch erhöht, daß die Vpn zunächst den Rand des Zieles, dann erst dessen tiefer gelegene Mitte berühren mußten. Unterschiede in der Reaktionszeit der einfachen und komplizierten Tätigkeit ergaben sich nur bei den älteren Vpn (50 bis 57 Jahre alt).

FITTS & PETERSON (1954) dagegen, die die Schwierigkeit der Tätigkeit über Bewegungsamplitude und Zielbreite variierten, wiesen auch bei jüngeren Vpn eine Beziehung zwischen Schwierigkeitsgrad der Bewegung und Reaktionszeit nach.

Insgesamt (vgl. auch TEICHNER 1954) sind die Arbeiten zu diesem Thema ziemlich selten. Trotzdem erscheint das bisherige Material recht homogen. Was auch immer unter Kompliziertheit und Komplexität einer Bewegung verstanden wurde, stets waren mit einem zunehmenden Ausprägungsgrad dieses Merkmals ansteigende Reaktionszeiten verbunden. Existiert ein solcher Effekt und beruht er darauf, daß der Auswahl komplizierter Bewegungen mehr Entscheidungsprozesse vorangehen als derjenigen von einfachen, läßt auch er sich zur Überprüfung unserer interpretativen Vorstellungen über die Ursachen des Unterbrechungseffektes heranziehen. Analog zu den bisherigen Überlegungen wird gefolgert:

Hypothese 2: Der Unterbrechungseffekt fällt bei relativ komplizierten Bewegungen stärker aus als bei relativ einfachen.

III. Funktion eines zusätzlichen, für die Vp bedeutungslosen Signales

Über die Funktion von zusätzlichen Signalen ohne Bedeutung (= ohne damit verbundene Aufgabe seitens der Vpn) in Wahl-Reaktionsversuchen wurden bisher offenbar keine systematischen Untersuchungen durchgeführt. Nach den im Anschluß an Untersuchung C diskutierten Überlegungen ist jedoch die Situation der Vp in einer Einfach-Reaktion prinzipiell nicht von derjenigen in einer Wahl-Reaktion verschieden.

Damit können auch für Wahl-Situationen auf Grund eines Zusatz-Signales Effekte wie Reiz-Summation, die erwähnte Aktivierung der Hirnrinde u.a., nicht ausgeschlossen werden, die sich in Richtung einer Reaktionszeit-Verkürzung auswirken würden. Der Konstruktion von Abb. 10 gemäß wären die Folgen eines Zusatz-Signales allerdings nicht so ausgeprägt wie diejenigen eines Unterbrechungs-Signales und stünden vor allem nicht in Wechselwirkung mit Anzahl und Dauer der Entscheidungsprozesse.

Hinsichtlich der Fehlerzahlen sind durch das Zusatz-Signal keinerlei systematische Veränderungen zu vermuten, wenn es dadurch allein zu der allgemeinen "Verbesserung der Bedingungen" für die ablaufenden Prozesse kommt, wie sie unter Punkt 2) auf S. 81 angenommen wurde. Zur gegenseitigen Absicherung der durch ein Zusatz- gegenüber einem Unterbrechungs-Signal hervorgerufenen Effekte und insbesondere der jeweils zugrundeliegenden Wirkungsmechanismen kommt diesem Merkmal besondere Bedeutung zu: Eine zentrale Annahme über das Zustandekommen des Unterbrechungseffektes bestand darin, daß er im wesentlichen das Resultat einer Enthemmung sei. Letztere erfolge in Form der Aufhebung einer Blockierung, die nach dem Start-Signal wirksam werde, um das Auftreten ungenügend zugeordneter Reaktionen zu vermeiden. Die Prozesse selbst, die der Zuordnung der einzelnen Handlungstendenzen zum jeweiligen Start-Signal zugrundeliegen, bleiben davon gänzlich unberührt; durch die Beseitigung der Blockierung werde lediglich ihr augenblicklicher Stand sichtbar gemacht. Da die Entscheidungsprozesse in diesem Moment noch nicht zu Ende gelaufen seien, müsse der Verkürzung der Reaktionszeiten notwendigerweise eine Erhöhung der Fehlerzahlen gegenüberstehen.

Trifft der zuletzt genannte Sachverhalt in Versuchen nicht zu, die denen zur Unterbrechung von Handlungen mit Ausnahme der Bedeutung des zusätzlichen Signales gleichen, kann es sich auch nicht um eine Enthemmung der postulierten Art handeln.

Die obigen Ausführungen erlauben die Ableitung folgender Hypothese: Kommt es durch das bedeutungslose Zusatz-Signal überhaupt zu einer Verkürzung der Reaktionszeit, ist deren Ausmaß relativ gering und unabhängig vom Informationsgehalt der Situation. Systematische Veränderungen der Fehlerzahlen gehen mit dieser Verkürzung nicht einher.

B. METHODE

I. Allgemeine Anordnung

Die Aufgabe der Vpn bestand in einer Vierfach-Wahl-Reaktion. Auf je zwei von vier Signalen hatten sie entweder die Bewegung A (= Ziehen eines geraden Striches) oder die Bewegung B (= Wellenlinie) unverzüglich auszuführen. Die Signale unterschieden sich im Grad der formalen Ähnlichkeit mit den auszuführenden Bewegungen. Die Bewegung A mußte entweder horizontal (A_1) oder diagonal (A_2) erfolgen, Bewegung B entweder mit einem Anfangsanstieg oder Anfangsabfall (B_1 bzw. B_2) beginnen.

Es wurden zwei nahezu identische Versuchs-Reihen durchgeführt, die sich nur in einem Punkt voneinander unterschieden: Erschien in Versuchs-Reihe 1 mit einem Start-Signal ein zusätzliches Signal; war das ein Zeichen zum sofortigen Abbruch der begonnenen oder beabsichtigten Bewegung; war das gleiche in Versuchs-Reihe 2 der Fall, brauchte das zusätzliche Signal nicht beachtet zu werden.

II. Apparatur

In einem schwarzen Schirm befanden sich untereinander vier etwa flächengleiche Öffnungen, die durch dahinter angebrachte Glimmlämpchen einzeln erhellt werden konnten. Die oberste und unterste hatten Kreisform, die beiden mittleren waren ein wellenförmiger bzw. gerader waagerechter Schlitz. Beim Aufleuchten einer dieser Öffnungen mußten die Vpn mit ihrer Bewegung beginnen. Die einzelnen Lichter werden deshalb im weiteren Start-Signale genannt.

Als Unterbrechungs-Signal (US) bzw. Zusatz-Signal (ZS) wurde der Ton einer Schnarre verwendet.

Die Reaktionszeit wurde in gleicher Weise wie in den Untersuchungen A und B gemessen.

III. Intervallgröße zwischen Start- und Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal

Der Abstand, in dem das Unterbrechungs-Signal bzw. Zusatz-Signal dem Start-Signal folgte, konnte stufenweise variiert werden. Folgende Intervalle waren vorgesehen:

0,00 sec (Start-Signal und Unterbrechungs-Signal bzw. Zusatz-Signal simultan)

0,10 sec

0,20 sec

IV. Versuchspersonen

Reihe 1: 10 männliche und 6 weibliche ($N_1=16$) Studierende der Psychologie überwiegend niederer Semester, deren Teilnahme freiwillig war.

Reihe 2: 13 männliche und 3 weibliche ($N_2=16$) Studenten verschiedener Fakultäten. Ein Teil der Vpn wurde für die Teilnahme bezahlt.

V. Aufbau, Durchführung und Ablauf der Versuche

Die Vp (Einzelversuch) befand sich in einem teilweise abgedunkelten Raum. Sie wurde instruiert, den Start-Signalen die einzelnen Bewegungen wie folgt zuzuordnen:

"Erscheint die obere Kreisfläche, ziehen Sie bitte eine Wellenlinie. Diese beginnen Sie mit einer Abwärtsbewegung.

Beim Aufleuchten der Wellenlinie führen Sie gleichfalls eine Wellenbewegung aus, die Sie aber - wie angezeigt - diesmal mit einer Aufwärtsbewegung beginnen.

Leuchtet der waagerechte Schlitz auf, ziehen Sie einen waagerechten Strich.

Beim Erscheinen der unteren Kreisfläche ziehen Sie wiederum einen Strich, diesmal jedoch im Winkel von ungefähr 45° nach oben rechts".

Die Zuordnung von Wellenlinie zu oberem und diagonalem Strich zu unterem Reaktions-Licht wurde von einer Vp zur anderen vertauscht.

Für die Hälfte der Versuchs-Gruppe wurde der Signal-Schirm um 180° gedreht (auf den Kopf gestellt). Die eingelassene Wellenlinie zeigte damit einen Anfangs-Abfall. Beim Aufleuchten dieses Signales mußten die Vpn ihre Wellenbewegung entsprechend mit einem Anfangs-Abfall beginnen.

Auf das zusätzliche Signal wurde in folgender Weise hingewiesen:

Reihe 1: "Manchmal wird mit dem Aufleuchten eines der Start-Signale eine Schnarre ertönen. Das ist für Sie das Zeichen zum sofortigen Abbruch der von Ihnen begonnenen oder beabsichtigten Bewegung".

Reihe 2: "Manchmal wird mit dem Aufleuchten eines der Start-Signale eine Schnarre ertönen, was Sie aber nicht weiter zu beachten brauchen".

Der Versuchsleiter saß in einem Nebenraum. Pro Vp wurde in zufälliger Folge jedes der 4 Start-Signale 45 mal gegeben. Von den insgesamt 180 Start-Signalen waren 60 von einem Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal begleitet. Vorkommen des Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signales und dessen Verzögerung zum Start-Signal variierten zwischen den einzelnen Reaktionen zufällig.

Dem eigentlichen Start-Signal ging jeweils ein Vorsignal voraus. Nach dem Ausführen einer Bewegung verblieben der Vp ca. 8 bis 10 sec bis zum nächsten Vorsignal.

Vor Beginn der eigentlichen Versuche wurde jedes der vier Start-Signale einmal zur Überprüfung des Instruktionsverständnisses und zur Eingewöhnung gegeben.

Für jede Vp dauerte der Versuch etwa 60 bis 70 Minuten.

C. ERGEBNISSE

Nachfolgend werden Signale, deren Form derjenigen der auszuführenden Bewegungen stark ähnelte (gerader und wellenförmiger Schlitz), "ähnlich" genannt im Gegensatz zu den "unähnlichen" (die beiden runden Flächen), wo die Form von Signal und Antwort kaum miteinander vergleichbar war.

Weiterhin werden die geradlinigen Bewegungen als "einfach", die wellenförmigen als "kompliziert" bezeichnet.

I. Häufigkeit unterbrochener Reaktionen

Von den insgesamt 16 Vpn waren 9 im Laufe des Versuches imstande, die beabsichtigte Bewegung mindestens einmal vollständig zu unterdrücken. Die Kenn-Nummern der Vpn und die Häufigkeit, mit der dieses während des Versuches der Fall war, sind in nachfolgender Tabelle 28 enthalten.

Tabelle 28: Kenn-Nummern der Vpn (vgl. Tabelle V des Anhangs); denen während des Versuches vollständiges Unterbrechen der beabsichtigten Bewegung gelang und absolute Häufigkeit dieses Ereignisses

Vp Nr.	Häufigkeit unterdrückter Bewegungen
2	26
3	18
4	21
6	10
7	11
10	6
11	3
12	12
15	31

II. Reaktionszeit der richtigen Bewegungen

Wie in allen früheren Untersuchungen, wurden diejenigen Reaktionen, die trotz des Unterbrechungs-Signales erfolgte (die sog. Praevalenz-Reaktionen) aus mehrfach erörterten Gründen nicht zu den ("eentlichen") Fehlern gerechnet. Zu den letzteren zählten nur solche Fehlreaktionen, die mindestens eines der nachfolgenden Kriterien erfüllten:

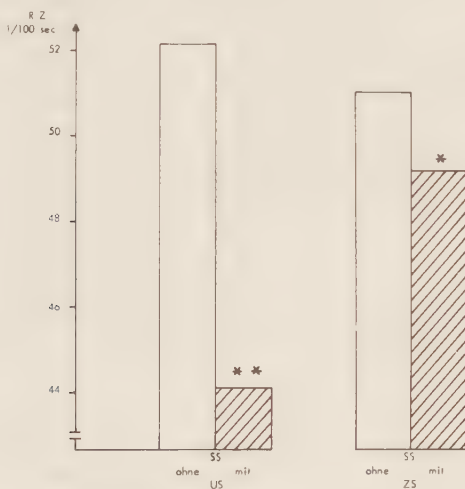
- Verwechseln der Instruktion (statt einer Wellenlinie wurde ein Strich ausgeführt und umgekehrt, statt einer Wellenlinie mit Anfangsanstieg wurde eine solche mit Anfangsabfall ausgeführt usw.).
- Die Wellenlinie zeigt einen ungenügenden Anfangsanstieg (Anfangsabfall) oder beginnt erst nach kurzer waagerechter Linie mit unvermittelt steilem Anstieg (Abfall).
- Der horizontale Strich beginnt erst nach Auf- (Ab-) wärtsbewegung des Stiftes.

d) Der diagonale Strich zeigt ungenügende Steilheit bzw. steigt erst an nach anfänglich horizontalem Verlauf.

Aus den Reaktionszeiten wurde für die einzelnen Bedingungen - wie bisher - das harmonische Mittel berechnet.

- 1) Einfluß des zusätzlichen Signales auf die Reaktionszeiten in beiden Versuchs-Reihen

Die in folgender Abbildung 11 wiedergegebenen Werte wurden gewonnen, indem die Reaktionszeiten unter Außerachtlassung der Bewegungsform und der Signal-Antwort-Ähnlichkeit, jedoch unter Berücksichtigung von Vorhandensein oder Abwesenheit eines Zusatz-Signales gemittelt wurden (Werte entnommen aus Tabelle Va des Anhangs).



Mittlere Reaktionszeit aller Bewegungen auf Signale ohne und mit US bzw. ZS.

Abb. 11

Erläuterung: In Versuchs-Reihe 1 betrug die mittlere Reaktionszeit aller Bewegungen 52,19/100 sec. Wurde außer dem Start- noch ein Unterbrechungs-Signal gegeben, verkürzte sich die Latenz der trotzdem begonnenen Bewegungen auf 44,11/100 sec. Unterschiedsprüfung mit WILCOXON-Test, P kl. 5% = *, P kl. 1% = **

Für die in Abb. 11 enthaltenen mittleren Reaktionszeiten wurden folgende Streuungen berechnet (Tabelle 29).

Tabelle 29: Streuungen der den Reaktionszeiten von Abb.11 zugrundeliegenden individuellen Mittelwerte

Reihe 1		Reihe 2	
SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
6,71	6,11	14,71	14,89
ns		ns	

Zwischen den Reaktionszeiten der Bewegungen ohne und mit Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal bestehen hinsichtlich der Streuungen also nur unbedeutende Differenzen (t-Test für korrelierende Varianzen).

Dagegen ist der Unterschied zwischen den Streuungen der Reaktionszeiten unbeeinflusster Bewegungen aus den Reihen 1 und 2 nicht durch Zufallseinfluß erklärbar ($F = 4,80$; df_1 und $2 = 16$). Durch welchen Faktor dieses Resultat zustandegekommen ist, entzieht sich allerdings der Kenntnis.

Aus Abb.11 ist zu entnehmen, daß die mittlere Differenz der Reaktionszeiten unbeeinflusster und unterbrochener Bewegungen 8,08/100 sec beträgt (52,19 - 44,11), der Unterschied zwischen Reaktionen ohne und solchen mit Zusatz-Signal dagegen nur 1,83/100 sec (51,05 - 49,22). Außerdem erfolgt die Reaktionszeit-Verkürzung durch das Unterbrechungs-Signal interindividuell einheitlicher als diejenige durch das Zusatz-Signal (die entsprechenden T-Werte des WILCOXON-Testes betragen 0 und 27). Um zu überprüfen, ob der Unterschied zwischen den Werten 8,08 und 1,83 statistisch bedeutsam ist, wurden für die beiden Versuchs-Reihen jeweils individuell die Differenzen zwischen der Reaktionszeit unbeeinflusster Tätigkeiten und der Reaktionszeit in Zusammenhang mit einem Unterbrechungs-Signal bzw. Zusatz-Signal gebildet. Diese Differenzen sind in nachfolgender Tabelle 30 aufgeführt (siehe Tabelle Va des Anhangs; etwaige Nichtübereinstimmungen in der zweiten

Stelle hinter dem Komma resultieren daraus, daß die unten wiedergegebenen Differenzen aus einem - genaueren - varianzanalytischen Tabellenauszug bestimmt wurden).

Tabelle 30: Mittlere Differenzen (in 1/100 sec) der Reaktionszeiten ohne und mit Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal. Die Zahlen in Klammern bezeichnen den jeweiligen Rangplatz der Differenzen innerhalb aller Werte beider Stichproben.

Vp	Reihe 1	Reihe 2
1	9,75 (29)	6,57 (23)
2	25,54 (32)	3,29 (13)
3	7,79 (26)	- 0,99 (3)
4	6,69 (24)	- 1,03 (2)
5	5,72 (18)	6,49 (22)
6	5,95 (20)	3,81 (14)
7	8,12 (27)	2,86 (11)
8	7,25 (25)	4,70 (15)
9	5,92 (19)	1,66 (10)
10	6,07 (21)	4,86 (16,5)
11	10,32 (30)	1,16 (9)
12	9,01 (28)	0,74 (7)
13	4,86 (16,5)	0,20 (5)
14	2,96 (12)	0,54 (6)
15	12,52 (31)	- 5,32 (1)
16	0,79 (8)	- 0,22 (4)
$\bar{X}$	+ 8,08	+ 1,83 (161,5)=Summe

Der auf Grund der Tabellen-Werte durchgeführte Composite-Rank-Test (GUILFORD 1965, S.258/59) erbrachte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner als 1 % einen Unterschied zwischen den mittleren Differenzen beider Versuchs-Reihen. Die Verkürzung der Reaktionszeit durch Unterbrechung ist also größer, als diejenige durch eine Beeinflussung in Form eines Zusatz-Signales.

2) Einfluß der Signal-Antwort-Beziehung und des Zusatz-Signales auf die Reaktionszeit

Für die nachfolgenden Vergleiche wurden alle Reaktionen für sich zusammengefaßt, die auf ähnliche bzw. unähnliche Signale erfolgt waren, ohne Rücksicht darauf, ob es sich um geradlinige oder wellenförmige Bewegungen handelte.

Tabelle 31: Mittlere Reaktionszeit (in 1/100 sec) auf ähnliche und unähnliche Signale, jeweils für die Bedingungen ohne und mit Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal der Versuchs-Reihen 1 und 2 (entnommen Tabelle V. b)

Signale	Reihe 1 (Unterbrechungs-S.)		Reihe 2 (Zusatz-Signal)	
	SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
ähnlich	47,62 ss	42,37	46,06 ss	43,30
	ss	ss	ss	ss
unähnlich	56,76 ss	45,86	56,01	55,14

Erläuterung: Ohne Unterbrechungs-Signal wurden in Versuchs-Reihe 1 die Bewegungen durchschnittlich 47,62/100 sec nach Aufleuchten des horizontalen und wellenförmigen Schlitzes begonnen. Leuchteten dagegen die Kreisflächen mit gleicher Bedeutung auf, verzögerte sich der Bewegungsbeginn hochsignifikant auf 56,76/100 sec. Unterschiedsprüfung mit WILCOXON-Test P kl. 1 % = ss.

3) Einfluß der Bewegungsform und des Zusatz-Signales auf die Reaktionszeiten

Alle geradlinigen bzw. wellenförmigen Bewegungen wurden diesmal für sich zusammengefaßt. Die Frage, ob sie auf ähnliche oder unähnliche Signale begonnen hatten, wurde außer Acht gelassen.

Tabelle 32: Reaktionszeiten (in 1/100 sec) aller einfachen und komplizierten Bewegungen, jeweils für Signale ohne und mit Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal (entnommen Tabelle V c des Anhangs)

Bewegung	Reihe 1 (Unterbrechungs-S.)		Reihe 2 (Zusatz-Signal)	
	SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
einfach	50,70 ss	43,64	49,17	47,99
	(s)			
	T = 31		ss	
kompliziert	53,68 ss	44,58	52,93 s	50,45

Erläuterung: Ohne Zusatz-Signal wurden in Versuchs-Reihe 2 die einfachen Tätigkeiten 49,17/100 sec nach Erscheinen der Start-Signale begonnen. Demgegenüber betrug die Latenzzeit komplizierter Bewegungen in derselben Reihe 52,93/100 sec. Die Differenz von 3,76/100 sec ist sehr signifikant. Unterschiedsprüfung mit WILCOXON-Test, P kl. 10% = (s), P kl. 5% = s, P kl. 1% = ss.

- 4) Einfluß des Unterbrechungs- bzw. des Zusatz-Signales auf die Reaktionszeit unter Berücksichtigung der Signal-Antwort-Ähnlichkeit und der Bewegungsform

Unter Punkt 1 waren die Reaktionszeiten nach dem Merkmal Vorhandensein oder Abwesenheit eines Zusatz-Signales zusammengefaßt worden bei Außerachtlassung der Variable Signal-Antwort-Ähnlichkeit und Bewegungsform. Die letzteren wurden unter den Punkten 2 und 3 behandelt, wobei jeweils über die Klassen der anderen Bedingung gemittelt worden war. Nunmehr wird eine Aufgliederung vorgenommen und der Einfluß des Zusatz-Signales unter dem Blickwinkel der beiden anderen Variable geprüft.

Tabelle 33a: Reaktionszeit (in 1/100 sec) einfacher und komplizierter Bewegungen auf ähnliche und unähnliche Start-Signale; Aufteilung in Reaktionen mit und ohne Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal (entnommen Tabelle V d und e des Anhangs)

Bewegung	Signal	Reihe 1		Reihe 2	
		(Unterbrechungs-S.)		(Zusatz-Signal)	
		SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
einfach	ähnlich	45,64	ss 41,14	43,59	ss 41,62
		ss	ss	ss	ss
	unähnlich	55,76	ss 46,14	54,74	54,35
kompliziert	ähnlich	49,59	ss 43,58	48,52	ss 44,97
		ss		ss	ss
	unähnlich	57,77	ss 45,57	57,34	55,92

Erläuterung: Ohne Unterbrechungs-Signal wurde in Versuchs-Reihe 1 beim Aufleuchten des horizontalen Schlitzes durchschnittlich nach 45,64/100 sec mit der Ausführung der einfachen Bewegung begonnen. Leuchtete dagegen ein Kreisfläche mit gleicher Bedeutung auf, verzögerte sich der Bewegungsbeginn auf 55,76/100 sec. Sollte beim Aufleuchten eines anderen Lichtes eine komplizierte Bewegung ausgeführt werden, betrug die Latenz sogar 57,77/100 sec. Unterschiedsprüfung mit WILCOXON-Test P kl. 5% = s, P kl. 1% = ss.

Tabelle 33b: Werte der Tabelle 33a in geänderter Gegenüberstellung. Vergleich einfacher und komplizierter Bewegungen

Signal	Bewegung	Reihe 1		Reihe 2	
		(Unterbrechungs-S.)		(Zusatz-Signal)	
		SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
ähnlich	einfach	45,64	ss 41,14	43,59	ss 41,62
		ss	s	ss	ss
	kompliziert	49,59	ss 43,58	48,52	ss 44,97
unähnlich	einfach	55,76	ss 46,14	54,74	54,35
				s	
	kompliziert	57,77	ss 45,57	57,34	55,92

Erläuterung: In Versuchs-Reihe 1 wurden auf ähnliche Signale die einfachen Bewegungen nach 45,64/100 sec Latenzzeit begon-

nen. Die komplizierten Tätigkeiten wurden unter derselben Bedingung erst nach 49,59/100 sec angefangen. Der Unterschied zwischen beiden Werten ist auf dem 5%-Niveau gesichert.

Ergänzend zu den Tabellen 33a und 33b werden nachfolgend die Streuungen der darin enthaltenen individuellen Reaktionszeiten wiedergegeben. Nur zwischen den Bedingungen Start-Signal ohne Unterbrechungs-Signal und Start-Signal mit Unterbrechungs-Signal bzw. Start-Signal ohne Zusatz-Signal und Start-Signal mit Zusatz-Signal wurde mittels des t-Testes für korrelierende Varianzen auf Signifikanz des Unterschiedes geprüft (P kl. 5% = s; P kl. 1% = ss).

Tabelle 34: Streuung der den Tabellen 33a und 33b zugrundeliegenden mittleren individuellen Reaktionszeiten einfacher und komplizierter Bewegungen auf ähnliche und unähnliche Start-Signale; Aufteilung in Reaktionen mit und ohne Zusatz-Signal und die beiden Versuchs-Reihen

Bewegung	Signal	Reihe 1 (Unterbrechungs-S.)		Reihe 2 (Zusatz-Signal)	
		SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
einfach	ähnlich	5,03	ns	6,03	11,39 ns
	unähnlich	10,60	s	7,81	19,30 ns
kompliziert	ähnlich	5,01	ns	6,30	11,04 ns
	unähnlich	11,61	ns	9,29	18,52 ns

Erläuterung: Die mittleren Reaktionszeiten der Vpn von Reihe 1 zeigten für einfache Bewegungen auf unähnliche Signale eine Streuung von 10,60. Durch Unterbrechung dieser Handlungen verringerte sich letztere signifikant auf 7,81.

Mit den der Tabelle 33 zugrundeliegenden Daten wurden getrennt für die beiden Versuchs-Reihen Varianzanalysen mit einem Maßwert pro Feld durchgeführt. Die einzelnen Variable waren folgende:

- Variable A: Ähnlichkeit der Start-Signale zu den Bewegungen (hoch/niedrig)
Variable B: Bewegungsform (einfach/kompliziert)
Variable C: Individuum (je 16 Vpn)
Variable D: Bewegungsbeginn (ohne/mit Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal)

Die Resultate der Berechnungen sind in der Tabelle 35 zusammengefaßt.

Gemeinsame Betrachtung der Tabellen 33 und 35 erlaubt folgende Feststellungen:

1) BSS_A signifikant besagt:

Auf Signale, deren Form derjenigen der auszuführenden Bewegung ähnlich ist, wurde schneller reagiert als auf solche ohne derartige Ähnlichkeit.

Dieser Effekt erwies sich als beständig unter fast allen Bedingungen beider Versuchs-Reihen (s. Tabelle 33a: Mit einer Ausnahme, die noch besprochen wird, sind alle unmittelbar untereinander stehenden Werte signifikant verschieden voneinander). Es ist nahezu bedeutungslos, ob die Handlung mit oder ohne Exposition eines Zusatz-Signales eingeleitet wird, ob die auszuführende Bewegung einfach oder kompliziert ist; stets war die Latenzzeit dann besonders kurz, wenn den Vpn direkt signalisiert wurde, auf welche Weise sie reagieren sollten. Umgekehrt war die Reaktionszeit immer dann länger, wenn stattdessen ein Start-Signal gegeben wurde, das keine Ähnlichkeit mit der auszuführenden Bewegung hatte.

2) BSS_B signifikant besagt:

Komplizierte Bewegungen beanspruchen eine etwas längere Reaktionszeit als einfache.

Das gilt allerdings nur für Bewegungen, die auf ähnliche Signale erfolgen.

Bei unähnlichen Signalen bestehen zwar gleichsinnige Tendenzen, doch lassen sich diese statistisch nicht absichern. In der generell größeren Latenz auf unähnliche Signale verschwindet damit der Reaktionszeit-verlängernde-Effekt seitens höherer Bewegungsschwierigkeit.

3) BSS_C signifikant besagt:

Zwischen den einzelnen Vpn bestanden überzufällige Differenzen hinsichtlich der Reaktionszeit auf bestimmte Signale.

Diese Unterschiede zeigten sich unter allen Versuchs-Bedingungen. Die Frage, zwischen welchen Individuen sie auftreten, interessiert hier nicht.

4) BSS_D signifikant besagt:

Die Reaktionszeit solcher Bewegungen, denen die Exposition eines Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signales voranging, lag unter der Reaktionszeit von Bewegungen ohne Zusatz-Signal.

Die Verkürzung der Reaktionszeit durch ein Unterbrechungs-Signal war gegenüber der Verkürzung durch ein bedeutungsloses Zusatz-Signal numerisch nicht nur wesentlich größer (8,08 zu 1,83/100 sec), sondern interindividuell auch bedeutend einheitlicher (vgl. Abb.11).

5) BSS_{AB} nicht signifikant besagt:

Es bestand keine Wechselwirkung zwischen Signal-Antwort-Beziehung und Schwierigkeit der Bewegung.

Die zwei runden Reaktions-Lichter (=unähnliche Signale waren den auszuführenden Bewegungen, Strich und Wellenlinie, gleich unähnlich, d.h. der gerade Schlitz im Signal-Schirm war dem Strich offensichtlich so ähnlich wie der wellenförmige der Wellenbewegung und umgekehrt.

6) BSS_{BC} signifikant besagt:

Zwischen Schwierigkeitsgrad der Bewegung und individueller Reaktionszeit bestand eine Wechselwirkung.

Zwar lag ein allgemeiner Unterschied in der Latenz für einfache und komplizierte Bewegungen vor (wie unter Punkt 2) erwähnt), doch variierte dieser interindividuell beträchtlich.

7) BSS_{AD} in Reihe 1 signifikant

in Reihe 2 nicht signifikant besagt:

Die durch Unterbrechung der beabsichtigten Tätigkeit auftretende Verkürzung der Reaktionszeit war abhängig von der Ähnlichkeit zwischen Start-Signal und Bewegung.

Bei unähnlichen Signalen fiel die Verkürzung der Latenz relativ deutlicher aus als bei ähnlichen (s. Tabelle 33: Der Quotient 55,76/46,14 ist gesichert größer als 45,64/41,14; 57,77/45,57 größer als 49,59/43,58).

War mit dem Zusatz-Signal nicht die Instruktion zum Abbruch der Handlung verknüpft, verkürzte sich zwar die Reaktionszeit allgemein ebenfalls, jedoch bei ähnlichen und unähnlichen Signalen im selben Umfang (eher ist eine der Reihe 1 entgegengesetzte Tendenz erkennbar, s. Tabelle 33; nur für ähnliche Signale ist die Differenz zwischen den Bedingungen "ohne" und "mit Zusatz-Signal" statistisch bedeutsam).

8) BSS_{BD} nicht signifikant besagt:

Die Reaktionszeit-Verkürzung auf Grund der Zusatz-Signale war unabhängig vom Schwierigkeitsgrad der Tätigkeit.

Die Latenzzeit einfacher und komplizierter Bewegungen wurde durch zusätzliche Signale in relativ gleichen Ausmaß verringert (Tabelle 32: Das Verhältnis 53,68 zu 44,58 ist nur numerisch, nicht aber statistisch gesichert größer als 50,70 zu 43,64. Das gleiche gilt für die analogen Quotienten der Reihe 2).

(Nach Kenntnisnahme dieser Befunde ist deutlich geworden, wie es zu der unter Punkt 1 besprochenen Ausnahme kam - kein Unterschied zwischen den komplizierten, unterbrochenen Bewegungen auf ähnliche und unähnliche Signale. Durch Unterbrechung werden die Reaktionszeiten auf unähnliche Signale stärker verkürzt als die auf ähnliche.

Handelt es sich außerdem um eine komplizierte und nicht eine einfache Tätigkeit, die ausgeführt werden soll, kommt von diesem Merkmal noch eine gewisse Tendenz zu nochmaliger stärkerer Verkürzung. Auf diese Weise konnte die Reaktionszeit-Differenz zwischen den Ähnlichkeitsgraden der Signale verschwinden. Ebenso wenig existiert eine solche systematische Differenz zwischen einfachen und komplizierten Bewegungen, die durch bedeutungslose Zusatz-Signale beeinflusst wurden.)

- 9) BSS_{AC} in Reihe 1 nicht signifikant
in Reihe 2 signifikant besagt:

Die Beziehung zwischen Signalen und zugeordneten Reaktionen war für alle Vpn der Reihe 1 dieselbe. In Reihe 2 variierte sie zwischen den Vpn.

- 10) BSS_{CD} in Reihe 1 signifikant
in Reihe 2 nicht signifikant besagt:

Die Verkürzung der Reaktionszeit auf Grund des Zusatz-Signales trat nicht bei allen Vpn im gleichen Ausmaß auf, wenn damit die Aufforderung zum Unterbrechen der Bewegung verbunden war.

III. Häufigkeit der Fehler bei Reaktionen ohne und mit Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal

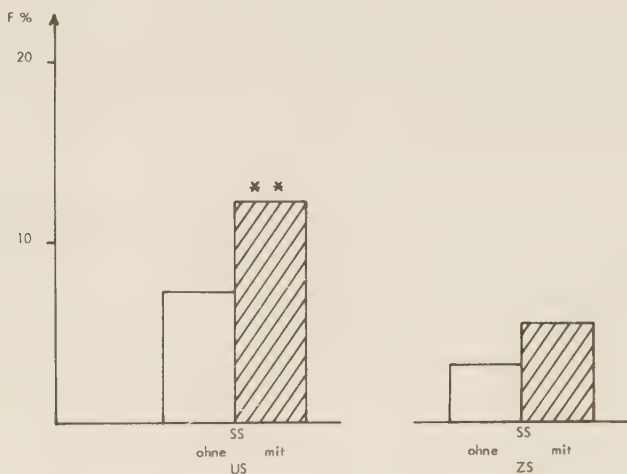
Die Darstellung der Fehlerhäufigkeiten folgt weitgehend derjenigen der Reaktionszeiten. Die einzelnen Gesichtspunkte der jeweiligen Datenzusammenfassung werden deshalb nicht erneut erläutert.

Die nachfolgenden Abbildungen und Tabellen enthalten stets mittlere Prozentanteile von Fehlern an der Gesamtzahl aller Reaktionen, die unter den jeweils angegebenen Bedingungen registriert wurden. Die Mittelwertvergleiche wurden über den WILCOXON-Test durchgeführt ($p \leq 0,05 = s$; $p \leq 0,01 = ss$).

- 1) Einfluß der zusätzlichen Signale auf die Fehlerprozent beider Versuchs-Reihen

Die nachfolgende Abbildung 12 beinhaltet die mittleren Fehlerprozent aller Bewegungen ohne und mit Unterbrechungs-

bzw. Zusatz-Signal. Die Werte wurden der Tabelle VI a des Anhangs entnommen.



Mittlere Fehlerprozent aller Bewegungen ohne und mit US bzw. ZS.

Abb.12

Erläuterung: Über alle Bewegungen und Signal-Ähnlichkeiten hinweg wurden in Versuchs-Reihe 2 durchschnittlich 3,24 % Fehler gemacht. Wurde außer dem Start-Signal ein weiteres Signal ohne Bedeutung gegeben, erhöhte sich die Fehlerquote auf 5,64 %. Die Differenz ist nicht gesichert.

Es scheint, als lägen die mittleren Fehlerprozent unbeeinflusster Bewegungen in Reihe 1 höher als in Reihe 2 (7,21 gegenüber 3,24 %). Eine Überprüfung mit dem WHITE-Test (MITTENECKER 1963, S.161-164) ergab für die Differenz jedoch eine Wahrscheinlichkeit von 9,3 %, weshalb die numerisch höheren Fehlerquoten in Reihe 1 allenfalls im Sinne einer gewissen Tendenz interpretiert werden dürfen.

2) Einfluß der Signal-Antwort-Beziehung und des Zusatz-Signales auf die Fehlerprozent

Tabelle 36: Fehlerprozent aller Bewegungen auf ähnliche und unähnliche Signale, jeweils für die Bedingungen ohne und mit Zusatz-Signal der Versuchs -Reihen 1 und 2 (entnommen der Tabelle VI b des Anhangs)

Signale	Reihe 1		Reihe 2	
	SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
ähnlich	3,05 . s	6,28	1,18	2,34
	ss	ss	ss	ss
unähnlich	11,36	(s)18,73	5,32	8,96

Erläuterung: Ohne Unterbrechungs-Signal wurden bei ähnlichen Signalen 3,05 % aller Bewegungen falsch ausgeführt. Bei unähnlichen Signalen stieg der Fehlerprozentsatz sehr signifikant auf 11,36.

Durch Unterbrechung der Reaktionen auf ähnliche Signale stieg die Fehlerquote von 11,36 auf 18,73 %. Der Zuwachs konnte allerdings nur mit P kl. 10% gesichert werden (empirischer T-Wert nur um einen Punkt größer als das ^{crit}N=16 kritische T = 30).

3) Einfluß der Bewegungsform und des Zusatz-Signales auf die Fehlerzahlen

Tabelle 37: Fehlerprozent aller einfachen und komplizierten Bewegungen, jeweils für die Bedingungen ohne und mit Zusatz-Signal der Versuchs-Reihen 1 und 2 (entnommen der Tabelle VI c des Anhangs)

Bewegung	Reihe 1 (Unterbrechungs-S.)		Reihe 2 (Zusatz-Signal)	
	SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
einfach	5,45	8,31	1,88	2,75
		s	s	ss
kompliziert	9,05 ss	16,41	4,70	8,57

Erläuterung: Ohne Unterbrechung ergab sich bei den einfachen Bewegungen ein Fehleranteil von 5,45 %, bei den

komplizierten von 9,05 %. Der Unterschied ist nicht gesichert (dies ist allerdings in Reihe 2 der Fall). Wurden die komplizierten Bewegungen unterbrochen, stieg die Fehlerquote sehr signifikant von 9,05 auf 16,41 %.

- 4) Einfluß des Zusatz-Signales auf die Fehlerhäufigkeiten unter Berücksichtigung der Signal-Antwort-Ähnlichkeit und der Bewegungsform

Tabelle 38a: Fehlerprozent einfacher und komplizierter Bewegungen auf ähnliche und unähnliche Start-Signale; Aufteilung in Reaktionen mit und ohne Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal (entnommen den Tabellen VI d. und e des Anhangs)

Bewegung	Signal	Reihe 1 (Unterbrechungs-S.)		Reihe 2 (Zusatz-Signal)	
		SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
einfach	ähnlich	0,81	0,47	0,20	0,00
	unähnlich	ss 10,27	ss 16,75	ss 3,69	s 5,49
kompliziert	ähnlich	5,51	ss 12,38	2,31 s	4,68 ss
	unähnlich	12,45	s 20,88	6,96	12,50

Erläuterung: Blieben in Reihe 1 die komplizierten Bewegungen auf ähnliche Signale unbeeinflusst, stellten sich 5,51% Fehler ein. Durch Unterbrechung dieser Tätigkeiten erhöhte sich der Fehleranteil sehr signifikant auf 12,38 %.

Tabelle 38b: Werte der Tabelle 38a in geänderter Gegenüberstellung. Vergleich einfacher und komplizierter Bewegungen

Signal	Bewegung	Reihe 1 (Unterbrechungs-S.)		Reihe 2 (Zusatz-Signal)	
		SS ohne US	SS mit US	SS ohne ZS	SS mit ZS
ähnlich	einfach	0,81	0,47	0,20	0,00
	kompiziert	ss 5,51	ss 12,38	ss 2,31	ss 4,68
unähnlich	einfach	10,27	16,75	3,69	5,49 ss
	kompiziert	12,45	s 20,88	6,96	12,50

Erläuterung: Ohne Zusatz-Signal traten in Reihe 2 bei

einfachen Bewegungen auf ähnliche Signale 0,20 % Fehler auf. Demgegenüber waren es bei komplizierten Bewegungen 2,31 %. Der Anstieg ist interindividuell sehr einheitlich.

IV. Individueller Zusammenhang zwischen Reaktionszeit-Verkürzung durch Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal und Fehleranstieg

Auf dieselbe Weise wie unter Punkt C.IV der Untersuchung B beschrieben, wurde auch für die hier erhobenen Daten der individuelle Zusammenhang zwischen der Reaktionszeit-Verkürzung und dem Fehleranstieg festgestellt. Tabelle 39 enthält die ermittelten Rangkorrelationskoeffizienten.

Tabelle 39: Korrelationen zwischen der Reaktionszeit-Verkürzung und den Veränderungen der Fehlerhäufigkeiten durch Unterbrechungs- bzw. Zusatz-Signal (den Berechnungen lagen die Mittelwerte aller Versuchsbedingungen zugrunde, s. Tabellen Va und VIa des Anhangs)

	Reihe 1	Reihe 2
r'	0,04	0,24
	ns	ns

Überraschenderweise variieren Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg (auch) in den Unterbrechungs-Versuchen individuell nicht gemeinsam. Möglicherweise hat eine gegenseitige Beeinflussung bestimmter Umstände des Versuches und der verschiedenen Variable zu einer Verwischung des angenommenen Zusammenhanges geführt. Die im folgenden getrennt für die Vpn der Versuchs-Reihe 1 mit und ohne gelungene Unterdrückungen angestellten Berechnungen stützen diese Vermutung (Tabelle 40).

Tabelle 40: Korrelationen zwischen Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg durch Unterbrechung, getrennt für Vpn mit und ohne gelungene Unterdrückungen

	Vpn ohne Unterdrückgn.	Vpn mit Unterdrückgn.
r'	0,71	- 0,12
N	7	9
	s	ns

Auf eine weitergehende Aufschlüsselung in die einzelnen Versuchsbedingungen wurde bewußt verzichtet, da hier mit sehr kleinen Fehlerhäufigkeiten und einer damit verbundenen relativ großen Fehlervarianz gearbeitet werden müßte.

D. DISKUSSION

I. Signal-Antwort-Ähnlichkeitsbeziehung und Reaktionszeiten bzw. Fehlerhäufigkeiten

Eine Voraussetzung für die Prüfung der entwickelten Hypothesen war die Verwendung von Signalen, die den Vpn ein unterschiedlich schnelles Reagieren erlaubten.

Es wurden Signale dargeboten, deren Form derjenigen der auszuführenden Tätigkeiten verschieden ähnlich war. Signale mit hoher Ähnlichkeit zur Antwort vermittelten nach unserer Ansicht schon durch ihr Aussehen direkt Aufschluß über die Struktur der Reaktion, während dies bei fehlender Ähnlichkeit nicht der Fall war. Es war anzunehmen, daß bei hoher Ähnlichkeit die Bewegungen nicht nur mit kürzerer Latenz, sondern auch mit weniger Fehler erfolgen würden als bei fehlender Ähnlichkeit, wo zum instruktionsgerechten Verhalten ein intensiveres Erinnern der Anweisungen erforderlich ist.

Die Ergebnisse bestätigen diese Vermutungen in überzeugender Weise sowohl hinsichtlich der Reaktionszeiten als auch der Fehlerhäufigkeiten. Lediglich bei den komplizierten Tätigkeiten der Versuchs-Reihe 1 bestand zwischen der Fehlerhäufigkeit auf ähnliche und unähnliche Signale kein Unterschied, der statistisch bedeutend war.

In mehreren Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von Signal und Antwort und deren Einfluß auf die Reaktionszeit bestand die Versuchstätigkeit im Niederdrücken oder

Berühren von Knöpfen (BERTELSON 1953, BROADBENT & GREGORY 1962, CROSSMAN 1956, MORIN & GRANT 1955). Andere Autoren ließen die Vpn mit einem Griffel bestimmte Punkte ansteuern und berühren (FITTS & SEEGER 1953, GRIEW 1964). Durch Variation der räumlichen Korrespondenz von Signal und Antwort (etwa: auf linkes Licht mit rechtem Knopf antworten statt mit linkem) sollte deren Vergleichbarkeit erhöht oder erniedrigt werden. Es ist evident, daß es sich bei dieser Ähnlichkeit von Signal und Reaktion lediglich um eine Vergleichbarkeit des räumlichen Zueinander von Signal und Zielpunkt handelt. Tätigkeit und Signal blieben in diesen Anordnungen einander stets gleich unähnlich; mehr oder weniger vergleichbar wurde nur die Richtung der Tätigkeit mit der signalisierten Richtung.

Dagegen handelt es sich bei der hier angewendeten Methode um ein Verfahren, mit dessen Hilfe eine reelle Ähnlichkeit zwischen Signal und Antwort durch gleiche Formgebung hergestellt wurde. Die erhaltenen Resultate dürften von gewisser Bedeutung sein für die Konstruktion von Kontroll- und Steuerungs-Systemen, die vom Überwachenden schnelles und fehlerfreies Reagieren verlangen.

II. Bewegungsschwierigkeit und Reaktionszeiten bzw. Fehlerhäufigkeiten

Eine weitere Voraussetzung der Überprüfung unserer Hypothesen waren Unterschiede in den Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten der beiden Bewegungsformen des Versuches. Wie die Tabelle 35 (BSS_B signifikant) zeigt, wiesen komplizierte Bewegungen im Mittel tatsächlich eine andere (längere) Latenz auf als einfache.

Im einzelnen bestehen solche Differenzen aber nur, wenn dem Start-Signal kein weiteres Signal, gleich welcher Bedeutung, nachfolgt (Tabelle 32) oder die Bewegungen auf ähnliche Signale erfolgen (Tabelle 33b).

Etwa das gleiche gilt für die Fehlerzahlen. Zwar liegen die relativen Fehleranteile (alle Signale) von komplizierten Bewegungen über denen von einfachen (Tabelle 37; in Reihe 2 einheitlicher als in Reihe 1), doch unter Be-

rücksichtigung der Signal-Antwort-Ähnlichkeit zeigen sich signifikante Unterschiede, den Resultaten der Reaktionszeiten entsprechend, nur bei ähnlichen Signalen (s. Tabelle 38b). In den generell erhöhten Fehlerzahlen auf unähnliche Signale wirkt sich der Einfluß eines gesteigerten Schwierigkeitsgrades nicht mehr aus.

All dieses spricht für einen nur relativ schwachen Einfluß des Schwierigkeitsgrades unserer Bewegungen auf deren Reaktionszeiten und Fehleranteile.

Zu gleichsinnigen Befunden kam auch ein Teil der eingangs referierten Untersuchungen. GRIEW (1959) beobachtete eine längere Reaktionszeit komplizierter gegenüber einfachen Tätigkeiten lediglich bei älteren Vpn.

FITTS & PETERSON (1964) stellten ein geringfügiges Anwachsen der Latenzen nur bei Vergrößerung der Bewegungsamplitude fest. Dagegen hatte eine Variation der Zielbreite innerhalb bestimmter Grenzen keinen Einfluß auf die Reaktionszeit.

Auch SEARLE & TAYLOR (1948) hatten einen - wenngleich sehr niedrigen - Zusammenhang zwischen Reaktionszeit und der Länge von (Korrektur-) Bewegungen gefunden, deren Umfang zwischen 0,5 und 8 cm variierte. Ähnliche Befunde stammen von VINCE (1948 b). BROWN & SLATER-HAMMEL (1949) konnten eine solche Beziehung an weniger zielgerichteten diskreten Bewegungen größerer Weite (2,5; 10 und 40 cm) nicht bestätigen.

Damit scheint es, als würden Reaktionszeit und Amplitude von Bewegungen eher bei ausgesprochen zielgerichteten Vollzügen miteinander korrelieren.

Eine Erwähnung der obigen Arbeiten ist an dieser Stelle insofern von Bedeutung, als die (nicht unterbrochenen) Wellenbewegungen mit ihrem Auf und Ab länger waren als die geraden Linien. Da auch unsere Bewegungen nicht als zielgerichtet gelten können, beruht der Reaktionszeit-Unterschied zwischen ihnen vermutlich darauf, daß die geradlinige Bewegung in einer Dimension, die wellenförmige aber in zwei Dimensionen erfolgte.

III. Signal-Antwort-Ähnlichkeitsbeziehung und Handlungsunterbrechung

1) Reaktionszeiten

Die der Untersuchung vorangestellte Hypothese 1 wurde bezüglich der Reaktionszeiten durch die Ergebnisse bestätigt (Tabelle 31 in Zusammenschau mit Tabelle 35: Wechselwirkung AD - Unterbrechung/Ähnlichkeit - sehr signifikant). Bei Bewegungen auf unähnliche Signale fiel die Latenz-Verkürzung durch Unterbrechung deutlicher aus als auf ähnliche Signale.

2) Fehlerhäufigkeiten

Gemäß der ersten Hypothese war weiterhin zu erwarten, daß bei Verwendung von Signalen mit niedriger Ähnlichkeit zu den Antworten durch Unterbrechung die Fehler in stärkerem Ausmaß ansteigen würden als bei Signalen mit hoher Ähnlichkeit.

Wie aus Tabelle 36 zu entnehmen ist, stiegen durch Unterbrechung sowohl bei ähnlichen als auch bei unähnlichen Signalen die Fehlerhäufigkeiten an, im letzteren Fall jedoch nur mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von etwas über 5%. Zwar beträgt der Fehlerzuwachs durch Unterbrechung bei den ^{un}ähnlichen Signalen durchschnittlich 7,37% gegenüber nur 3,23% bei den ähnlichen Signalen, doch ist die Differenz zwischen beiden Quoten nicht signifikant.

Die Resultate liefern also Anhaltspunkte für die Richtigkeit auch des zweiten Teils der Untersuchungshypothese, bestätigen diese jedoch nicht positiv.

IV. Bewegungsschwierigkeit und Handlungsunterbrechung

1) Reaktionszeiten

Wie schon unter Punkt 8 im Anschluß an Tabelle 35 erwähnt wurde, ist die Wechselwirkung entgegen der Erwartung insignifikant geblieben. Lediglich Tendenzen bestätigen die Hypothese 2, der zufolge die Reaktionszeit komplizierter

Bewegungen durch Unterbrechung stärker verkürzt werde als die einfacher Bewegungen.

Es sollte jedoch bedacht werden, daß beide Bewegungen sich nur geringfügig hinsichtlich ihres Schwierigkeitsgrades voneinander unterscheiden; auch die Wellenbewegung ist so einfach, daß zu ihrer Ausführung kaum mehr Steuerung erforderlich ist, als zur geradlinigen Bewegung. Entsprechend gering waren die Unterschiede hinsichtlich der Reaktionszeit, die im Mittel nur ca. $3/100$ sec betragen und - in Versuchs-Reihe 1 - statistisch signifikant nur bei Verwendung ähnlicher Signale waren.

2) Fehlerhäufigkeiten

Durch Unterbrechung erhöhten sich die Fehlerzahlen von komplizierten Bewegungen individuell sehr einheitlich. Bei den einfachen Bewegungen war ein solcher Trend nur angedeutet (s. Tabelle 37).

Diese Aussage trifft gleichermaßen für die Reaktionen auf ähnliche und unähnliche Signale zu (s. Tabelle 38).

Bezüglich der Fehlerhäufigkeiten ist Hypothese 2 damit bestätigt worden.

V. Funktion eines für die Vpn bedeutungslosen Zusatz-Signales

Wie aus der Zusammenstellung der varianzanalytischen Resultate (s. Tabelle 35) unter Einbezug der mittleren Reaktionszeiten (Abb. 11) zu ersehen ist, verkürzt auch ein zusätzliches Signal ohne Bedeutung die Reaktionszeit in Wahl-Situationen recht einheitlich. Im einzelnen lassen sich derartige Effekte allerdings nur bei Verwendung ähnlicher Signale (s. Tabelle 31) bzw. Ausführung komplizierter Bewegungen (s. Tabelle 32) sichern. Die Berechnungen im Anschluß an Abb. 11 wiesen mit sehr geringer Irrtumswahrscheinlichkeit nach, daß diese Reaktionszeit-Verkürzung in ihrem Ausmaß wesentlich unbedeutender ist als diejenige auf Grund einer Handlungsunterbrechung.

Weder mit der Ähnlichkeit der Signale noch der Bewegungsschwierigkeit besteht irgendeine Wechselwirkung (s. Tabelle 35).

Anders als in den Versuchen mit Handlungsunterbrechung steht dieser Reaktionszeit-Verkürzung keine interindividuell einheitliche Zunahme der Fehlerhäufigkeiten gegenüber.

E. INTERPRETATION

I. Einfluß unterdrückter Handlungen auf den Unterbrechungseffekt

Wie in den vorangegangenen Untersuchungen stellt sich auch hier die Frage, in welchem Ausmaß der Unterbrechungseffekt durch das rechtzeitige Unterdrücken solcher Handlungen hervorgerufen wurde, die in ihrem Ansatz relativ spät erfolgten. Wenn hier von Unterbrechungseffekt gesprochen wird, so sei erneut angemerkt, daß darunter jeweils bestimmte Veränderungen der Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten verstanden werden.

In den Experimenten über den Einfluß der relativen Häufigkeit der Start-Signale und die Zahl der Wahlmöglichkeiten auf den Unterbrechungseffekt wurde nachgewiesen, daß die verkürzte Reaktionszeit unterbrochener Tätigkeiten nicht die Folge einer Unterdrückung der ursprünglich relativ langsamen Tätigkeiten sein konnte. Einmal war es die geringe Zahl von Vpn überhaupt, denen eine Unterdrückung gelungen war (besonders in Untersuchung B und Untersuchung C 10-fach-Wahl), zum anderen die geringe Zahl dieser vollständigen Unterbrechungen selbst.

Bei der an dieser Stelle diskutierten Untersuchung liegen die Verhältnisse insofern etwas anders, als - geger über Untersuchung B - ca. die Hälfte aller Vpn unterdrückte Reaktionen zeigte (vgl. Tabelle 28). Außerdem lag der relative Anteil dieser unterdrückten Reaktionen bei den

dafür in Frage kommenden Vpn im Mittel bei ca. 25% (in Untersuchung C bei 10%).

1) Reaktionszeiten

Zur Entscheidung der oben aufgeworfenen Frage wurde die Verkürzung der Reaktionszeit durch Unterbrechung bei Vpn, die unterdrückte Reaktionen aufwiesen, der Verkürzung bei solchen Vpn gegenübergestellt, denen eine Unterdrückung niemals gelang. Als Maß der Verkürzung wurde die absolute Differenz der Reaktionszeiten von nicht unterbrochenen und unterbrochenen Bewegungen genommen. Aus Tabelle 28 können die Kenn-Nummern der Vpn mit unterdrückten Bewegungen, aus Tabelle 30 die entsprechenden Differenzen auch der Vpn ohne Unterdrückungen entnommen werden. Sie sind in nachfolgender Tabelle 41 einander gegenübergestellt.

Tabelle 41: Individuelle und mittlere Differenzen der Reaktionszeiten (in 1/100 sec) von nicht unterbrochenen und unterbrochenen Bewegungen; Gegenüberstellung von Vpn mit und ohne Unterdrückungen (die Zahlen in Klammern stellen die Rangplätze der Differenzen über alle Vpn dar)

Vp mit Unterdrückungen		Vpn ohne Unterdrückungen	
Vp Nr.	Diff.	Vp Nr.	Diff.
2	25,54 (16)	1	9,75 (13)
3	7,79 (10)	5	5,72 (4)
4	6,69 (8)	8	7,25 (9)
6	5,95 (6)	9	5,92 (5)
7	8,12 (11)	13	4,86 (3)
10	6,07 (7)	14	2,96 (2)
11	10,32 (14)	16	0,79 (1)
12	9,01 (12)		
15	12,52 (15)		
$\bar{X}$ 10,22		$\bar{X}$ 5,32 (37)=Summe	

Beide Gruppen der Vpn wurden hinsichtlich ihrer mittleren Differenzen auf Abweichungen voneinander untersucht.

Der MANN-WHITNEY-U-Test (GUILFORD 1965, S.259/60) weist nur eine Wahrscheinlichkeit von 1,74 % dafür aus, daß die Meßwerte beider Stichproben aus einer Grundgesamtheit stammen. Vpn, denen mehr oder weniger häufig die Unterdrückung der beabsichtigten Bewegung gelang, zeigen damit eine stärkere Verkürzung der Reaktionszeit durch Unterbrechung als solche ohne Unterdrückungen. Offenbar sind es die eher spät erfolgenden Reaktionen, die noch unterdrückt werden können. Da diese relativ langsamen Reaktionen auf diese Weise zu den unterbrochenen Bewegungen weniger Reaktionszeiten liefern, erniedrigt sich deren Mittelwert gegenüber den unbeeinflußt ablaufenden Bewegungen; der Unterbrechungseffekt läßt sich damit zumindest teilweise auf die Auswahl der relativ schnellen Bewegungen zurückführen, die durch das Unterbrechungssignal nicht mehr erreicht werden.

Es erhebt sich die Frage, ob nach Exklusion der Effekte seitens dieser Auswahl überhaupt noch ein Unterschied in der Reaktionszeit-Verkürzung zu den Versuchen besteht, in denen ein bedeutungsloses Zusatz-Signal exponiert wurde. Für eine Beantwortung derselben wurde die Reaktionszeit-Verkürzung von den Vpn, denen niemals das Unterdrücken einer beabsichtigten Bewegung gelang, derjenigen von Vpn gegenübergestellt, denen statt des Unterbrechungs-Signales ein bedeutungsloses Zusatz-Signal gegeben wurde. Auf diese Weise konnten jeweils Verkürzungen der Reaktionszeiten miteinander verglichen werden, bei denen eine einseitige Auswahl keine Rolle gespielt haben konnte. Als Maß der Verkürzung wurde die absolute Differenz der Reaktionszeiten von unbeeinflußten und unterbrochenen bzw. durch Zusatz-Signal beeinflussten Tätigkeiten benutzt. Die Differenzen wurden mittels MANN-WHITNEY-U-Test auf mittlere Abweichungen voneinander geprüft. Nachfolgende Tabelle 42 enthält die zugrundeliegenden Daten (entnommen Tabelle 30).

Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2,08 % unterscheiden sich die mittleren Differenzen beider Stichproben voneinander. Die Verkürzung der Reaktionszeit durch eine beabsichtigte (aber nicht rechtzeitig gelungene) Unterbrechung ist stärker als die Verkürzung durch ein bedeutungs-

loses Zusatz-Signal.

Tabelle 42: Individuelle und mittlere Reaktionszeit-Differenzen (in 1/100 sec) der Bewegungen ohne und mit Unterbrechungs-Signal (Reihe 1) bzw. Zusatz-Signal (Reihe 2). Von Reihe 1 sind nur die Werte von denjenigen Vpn aufgeführt, denen niemals ein Unterdrücken ihrer Bewegung gelang. (die Zahlen in Klammern bezeichnen den jeweiligen Rangplatz des betreffenden Wertes innerhalb aller Werte beider Stichproben)

Reihe 1			Reihe 2		
Vp Nr.			Vp Nr.		
1	9,75	(1)	1	6,57	(3)
5	5,72	(6)	2	3,29	(11)
8	7,25	(2)	3	- 0,99	(21)
9	5,92	(5)	4	- 1,03	(22)
13	4,86	(7,5)	5	6,49	(4)
14	2,96	(12)	6	3,81	(10)
16	0,79	(16)	7	2,86	(13)
			8	4,70	(9)
			9	1,66	(14)
			10	4,86	(7,5)
			11	1,16	(15)
			12	0,74	(17)
			13	0,20	(19)
			14	0,54	(18)
			15	- 5,32	(23)
			16	- 0,22	(20)
$\bar{X}$ 5,32 (49,5)=Summe			1,83		

2) Fehlerhäufigkeiten

Der Behandlung der relativen Fehlerzahlen liegen die gleichen Prinzipien zugrunde wie derjenigen der Reaktionszeiten. Zunächst werden aus Versuchs-Reihe 1 die durch Unterbrechung bewirkten Fehlerzunahmen von Vpn mit und solchen ohne gelungene Unterdrückungen einander gegenübergestellt. Anschließend werden die Fehlerzunahmen von Vpn, denen in Reihe 1 niemals eine Unterdrückung gelang, mit den Fehlerzunahmen der Vpn von Reihe 2 verglichen. Als Maß des Fehleranstieges durch Unterbrechung galt die absolute Differenz der Fehlerprozent unterbrochener und nicht unterbrochener Bewegungen.

Tabelle 43: Individuelle und mittlere Differenzen der Fehlerprozent unterbrochener und nicht unterbrochener Bewegungen; Gegenüberstellung der Vpn mit und ohne Unterdrückungen (die Zahlen in Klammern stellen die Rangplätze der Differenzen über alle Vpn dar). Den Werten liegt die Tabelle VI a des Anhangs zugrunde.

Vpn mit Unterdrückungen			Vpn ohne Unterdrückungen		
Vp Nr.	Diff.		Vp Nr.	Diff.	
2	+ 21,08	(2)	1	+ 5,78	(6)
3	- 2,70	(15)	5	+ 7,24	(5)
4	- 5,44	(16)	8	+14,71	(3)
6	+ 5,34	(7)	9	+26,39	(1)
7	+ 4,99	(8)	13	+ 4,43	(10)
10	- 0,16	(12)	14	+ 9,86	(4)
11	+ 4,61	(9)	16	- 1,65	(13)
12	+ 2,96	(11)			
15	- 2,43	(14)			
$\bar{X}$	+ 3,14			+ 9,54	(42)=Summe

Die mittleren Differenzen beider Versuchspersonen-Gruppen weichen voneinander nur mit einer Wahrscheinlichkeit ab, die herkömmlich noch als Zufallsbereich angesehen wird ($P = 6,44\%$).

Analog den Verhältnissen bei den Reaktionszeiten war zu vermuten, es würden vor allem richtige Reaktionen sein, die noch unterdrückt werden konnten; denn soll eine Reaktion einem bestimmten Signal richtig zugeordnet werden, vergeht im Durchschnitt mehr Zeit, als wenn es auf die Richtigkeit weniger ankommt. Reaktionen, die erst nach relativ großer Latenz erfolgen, müßten deshalb mit größerer Wahrscheinlichkeit richtig sein als solche mit relativ kurzer Latenz. Aus früheren Berechnungen ist bekannt, daß es besonders die relativ langsamen Reaktionen sind, die noch unterdrückt werden können. Eine Stichprobe von Reaktionen, in der die relativ langsamen (=relativ richtigen) Reaktionen fehlen, müßte aus diesem Grunde relativ fehlerhafter sein als eine Stichprobe, bei der eine solche Auswahl nicht vorgenommen wurde.

Auf Grund der obigen Berechnungen wurden diese Annahmen nicht bestätigt. Allerdings erwies sich auch nicht mit genügender Sicherheit das Gegenteil.

Nachfolgend werden den Fehlerzunahmen in Versuchs-Reihe 2 diejenigen Fehlerzunahmen aus Versuchs-Reihe 1 gegenübergestellt, bei denen irgendeine Auswahl nicht getroffen werden konnte, da die betreffenden Vpn keine Unterdrückungen aufwiesen. Den Werten liegen die Tabellen 43 und VI a zugrunde. (Dieser Schritt mag auf den ersten Blick als überflüssig erscheinen, nachdem sich beim Vergleich der Differenzen von Vpn mit und ohne Unterdrückungen kein Unterschied zugunsten einer Gruppe ergeben hat. Eventuell hätte daraufhin die gesamte Stichprobe aus Reihe 1 derjenigen aus Reihe 2 gegenübergestellt werden können. Ausschlaggebend war jedoch das Argument, auf jeden Fall Vpn miteinander zu vergleichen, die alle signalisierten Reaktionen zumindest auch begonnen hatten.)

Tabelle 44: Individuelle und mittlere Differenzen der Fehlerprozent der Bewegungen mit und ohne Unterbrechungs-Signal (Reihe 1) bzw. Zusatz-Signal (Reihe 2). Von Reihe 1 sind nur die Werte von denjenigen Vpn aufgeführt, denen niemals eine Unterdrückung ihrer Bewegung gelang (die Zahlen in Klammern bezeichnen den jeweiligen Rangplatz des betreffenden Wertes innerhalb aller Werte beider Stichproben).

Reihe 1				Reihe 2			
Vp Nr.				Vp Nr.			
1	+	5,78	(9)	1	+	7,70	(5)
5	+	7,24	(7)	2	+	1,40	(14)
8	+	14,71	(2)	3	+	0,16	(15)
9	+	26,39	(1)	4	+	1,79	(13)
13	+	4,43	(10)	5	+	7,64	(6)
14	+	9,86	(4)	6	-	1,77	(19)
16	-	1,65	(18)	7	-	1,73	(20)
				8	-	0,10	(16)
				9	-	0,89	(17)
				10	+	0,03	(12)
				11	+	1,59	(11)
				12	-	2,52	(21)
				13	+	11,80	(3)
				14	+	4,15	(22)
				15	-	2,58	(23)
				16	+	6,55	(8)
$\bar{X}$ + 9,54 (51)=Summe				+ 2,06			

Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2,21 % (MANN-WHITNEY-U-Test) unterscheiden sich die mittleren Differenzen der beiden Gruppen von Vpn voneinander. Die Unterbrechung von Tätigkeiten führte (auch) bei Vpn, denen eine völlige Unterbrechung niemals gelang, zu einem deutlicheren Ansteigen der Fehlerzahlen als die Störung dieser Tätigkeiten durch ein bedeutungsloses Zusatz-Signal.

3) Zusammenfassung der ermittelten Befunde zum Einfluß unterdrückter Handlungen auf den Unterbrechungseffekt

In der vorliegenden Untersuchungen beruht die Reaktionszeit-Verkürzung durch Unterbrechung zum Teil auf einer einseitigen Auswahl der im Ansatz besonders schnell erfolgenden Reaktionen. Die ursprünglich mit relativ großer Latenz einsetzenden Reaktionen können häufig noch unterdrückt werden. Schon dadurch erniedrigt sich das Mittel der unterbrochenen gegenüber demjenigen der nicht unterbrochenen Reaktionen.

Dennoch ist die Reaktionszeit-Verkürzung durch ein Unterbrechungs-Signal gegenüber der Verkürzung durch ein bedeutungsloses Zusatz-Signal auch bei den Vpn stärker ausgeprägt, die überhaupt keine unterdrückten Reaktionen aufweisen.

Die Fehlerzunahme durch Unterbrechung ist statistisch nicht verschieden für Vpn mit und ohne Unterdrückungen.

Vpn, denen das rechtzeitige Unterdrücken ihrer Tätigkeiten nicht gelang, zeigen ein deutlich stärkeres Ansteigen der Fehlerzahlen auf Grund des Unterbrechungs-Signales als andere Vpn auf Grund eines bedeutungslosen Zusatz-Signales.

II. Signal-Antwort-Ähnlichkeitsbeziehung und Modell-Vorstellungen

Der Teil der Voraussagen, der sich auf die experimentelle Beeinflussung der Reaktionszeiten bezog, wurde durch die Ergebnisse bestätigt. Hinsichtlich der Fehlerzahlen traten Tendenzen in der erwarteten Richtung auf. Diese konnten allerdings statistisch nicht gesichert werden.

Ohne Zweifel sind jedoch die Reaktionszeiten in allen bisher geschilderten Versuchen gegenüber den Fehlerzahlen das zuverlässigere Merkmal. Die Fehlerzahlen erreichen schon wegen ihrer Seltenheit nicht die Stabilität der Reaktionszeiten. Sodann werden die Reaktionszeiten mittels einer objektiven Messung erfaßt, während über das Vorliegen von Fehlern in manchen Fällen erst nach eingehender Beurteilung und dem Vergleich mehrerer Bewegungsformen entschieden werden kann.

Wenn trotzdem zu einem gewissen Teil die Fehlerzahlen die Veränderungen der Reaktionszeiten widerspiegeln, spricht dies einerseits für die Massivität der experimentellen Effekte, andererseits für die Richtigkeit der zugrundeliegenden Annahmen.

III. Bewegungsschwierigkeit und Modellvorstellungen

Für die Hypothesen in Verbindung mit der Variable Bewegungsschwierigkeit gilt das umgekehrte wie für diejenigen bezüglich der Ähnlichkeitsbeziehung zwischen Signal und Antwort: Die Ergebnisse bestätigen die Voraussagen hinsichtlich der Fehlerzahlen. Dagegen fanden sich im Merkmal Reaktionszeiten nur Tendenzen in der vermuteten Richtung.

Auf Grund dieser Resultate scheinen Zweifel an der Zweckmäßigkeit der geäußerten Vorstellungen angebracht. Sie sind um so mehr berechtigt, als im vorigen Kapitel ausgeführt wurde, beim Nachweis des Unterbrechungseffektes käme es besonders auf die Verkürzung der Reaktionszeiten an. Diesen Einwänden zufolge würden die unterschiedlich langen Latenzen von einfachen und komplizierten Bewegungen nicht auf unterschiedlicher Dauer derjenigen Entscheidungsprozesse beruhen, die auch über Variation des Informationsgehaltes einer Wahl-Situation kontrolliert werden können. Vielmehr wären für die Reaktionszeit-Differenzen einfacher und komplizierter Bewegungen vielleicht solche Vorgänge verantwortlich, die etwa der Innervation unterschiedlicher Muskelpartien für die verschiedenen Bewegungen zugrundeliegen. Auch an die Bereitstellung

und Aktivierung unterschiedlich komplexer Steuerungsfunktionen wäre zu denken, auf jeden Fall an Prozesse, für die das bisherige Modell keine Gültigkeit besitzt.

Folgendes ist jedoch in Rechnung zu stellen: Der Unterschied der Reaktionszeit einfacher und komplizierter Bewegung war mit ca. 3/100 sec gering. Im Vergleich dazu betrug etwa die Differenz der Reaktionszeiten auf ähnliche und unähnliche Signale ca. 9/100 sec. Es hätte schon eine bemerkenswerte interindividuelle Einheitlichkeit der Reaktionszeit-Verkürzung durch Unterbrechung vorliegen müssen, damit sich letztere in einer signifikanten Wechselwirkung der postulierten Art niederschläge. Gerade diese Einheitlichkeit besteht nicht (s. Tabelle 35: Wechselwirkung Individuum/Bewegungsbeginn insignifikant).

Der in Frage stehende Effekt müßte dementsprechend mit größerer Sicherheit zu erwarten sein, wenn Bewegungen untersucht würden, die sich hinsichtlich ihrer mittleren Reaktionszeiten deutlicher voneinander unterschieden als die geradlinige und wellenförmige Bewegung unserer Untersuchung.

HAARDT (1966) ist dieser Überlegung nachgegangen. Außer der geradlinigen (=einfachen) Bewegung wurde eine Bewegung untersucht, die zahlreiche Richtungsänderungen enthielt und von den Vpn in jedem Zeitpunkt der Ausführung eine Besinnung über die nachfolgende Linienführung verlangte (der vorgeschriebene Verlauf der Bewegung ist auf S.141 wiedergegeben). Es war zu vermuten, daß der gegenüber der Wellenbewegung erhöhte Schwierigkeitsgrad dieser Bewegung einen entsprechenden Einfluß auf die Reaktionszeit haben würde. Tatsächlich betrug in einer Zweifach-Wahl bei 11 Vpn die mittlere Reaktionszeit der einfachen Bewegung 39,68/100 sec, die der relativ komplizierten dagegen 43,96/100 sec. Die Differenz von 4,28/100 zwischen beiden Werten war hochsignifikant. Da unähnliche Signale verwendet wurden, lauten die vergleichbaren Werte aus der vorliegenden Untersuchung 55,76 und 57,77/100 sec, deren Differenz von 2,01/100 sec nicht signifikant ist.

Durch Unterbrechung der Bewegungen kam es bei 9 der 11 Vpn zu einer stärkeren Reaktionszeit-Verkürzung bei der komplizierten als bei der einfachen Bewegung (mittlere Verkürzungen 7,78 bzw. 6,48/100 sec). Die Wahrscheinlichkeit, daß dieses interindividuelle Verhältnis zufällig zustandegekommen ist, liegt unter 5 % (Binomialtest mit gleichwahrscheinlichen Alternativereignissen).

In dieser Untersuchung wird die Hypothese über die Interaktion von Bewegungsschwierigkeit und Unterbrechungseffekt also gestützt, die aus den erläuterten Gründen hier nur schwer zu verifizieren gewesen wäre.

Aus welchen Gründen auch immer die Reaktionszeit komplizierter Bewegungen über derjenigen von einfachen liegt: Der Unterbrechungseffekt scheint auch bezüglich des Schwierigkeitsgrades von Bewegungen denselben Gesetzmäßigkeiten zu folgen wie hinsichtlich von Variablen der Wahlsituation und der Signal-Antwort-Ähnlichkeit.

IV. Zusatz-Signal und Modellvorstellungen

Die unter einzelnen Versuchsbedingungen signifikante Verkürzung der Reaktionszeit durch das Zusatz-Signal ging niemals mit einer bedeutenden Erhöhung der Fehlerzahlen einher.

Im Anschluß an das auf den Seiten 88 und 89 ausgeführte kann man sich deshalb die allein aufgetretene Verkürzung der Reaktionszeit nicht gut als Folge einer Enthemmung der früher beschriebenen Art vorstellen. Adäquater ist eine Erklärung, die auf einer durch das Zusatz-Signal hervorgerufenen Erhöhung der Rezeptoren-Sensibilität und Beschleunigung der Weiterleitung afferenter und efferenter Impulse fußt. Diese Beschleunigung kann das Korrelat einer Aktivierung bestimmter Hirnregionen sein, auf die bereits näher eingegangen wurde.

Ausdrücklich sei festgehalten, daß nicht behauptet worden ist, die durch das bedeutungslose Zusatz-Signal bewirkten Effekte seien auf jeden Fall die Folge einer Aktivierung. Aktivierung wird nachgewiesen über Merkmale wie die elektrischen Hirntätigkeit, den Muskeltonus oder den Hautwiderstand. Da auf deren Erfassung verzichtet wurde, kann auf das Vorliegen einer Aktivierung nur ge-

geschlossen werden. Befunde der Literatur machen diesen Schluß allerdings wahrscheinlich.

In wenigen Worten stellt sich der gesamte Komplex folgendermaßen dar: Im Zusammenhang mit einem Unterbrechungs-Signal traten bestimmte Wirkungen auf. Diese können nicht ausschließlich als unterbrechungsspezifisch gelten. Ein gewisses Ausmaß dieser Wirkungen findet auch seine zwanglose Erklärung in traditionell bekannten Mechanismen.

F. ZUSAMMENFASSUNG

In Vierfach-Wahl-Situationen mußten auf jeweils zwei Signale bestimmte Bewegungen ausgeführt werden.

Die Bewegungen waren geradlinig und wellenförmig (einfache und komplizierte Bewegung).

Die Signale unterschieden sich im Grad ihrer formalen Ähnlichkeit zu den Bewegungen.

Manchmal wurde vor Beginn der Bewegungen ein weiteres Signal exponiert. In einer Versuchs-Reihe (1) war dies das Zeichen zum sofortigen Abbruch der beabsichtigten Bewegung. In einer anderen Versuchs-Reihe (2) sollten die Vpn mit dem zusätzlichen Signal keine besondere Aufgabe verbinden; sie brauchten es nicht zu beachten.

Diese Anordnung erbrachte folgende Resultate:

- 1) Die Reaktionszeit auf Signale mit hoher Ähnlichkeit zur auszuführenden Bewegung war kürzer als die Reaktionszeit auf Signale niederer Ähnlichkeit.
- 2) Die relativen Fehleranteile an Bewegungen auf Signale mit hoher Ähnlichkeit lagen niedriger als auf Signale geringer Ähnlichkeit.
- 3) Die Reaktionszeit komplizierter Bewegungen war länger als die einfacher Bewegungen.
- 4) Die Fehleranteile an komplizierten Bewegungen lagen über denen einfacher Bewegungen.
- 5) Durch Unterbrechung der beabsichtigten Handlung (Versuchs-Reihe 1)
 - a. verkürzte sich die Reaktionszeit von Bewegungen auf unähnliche Signale stärker als die Reaktionszeit auf ähnliche Signale,

- b. erhöhte sich der Fehleranteil an Bewegungen auf un-
ähnliche Signale stärker als der Fehleranteil auf
ähnliche Signale (nicht signifikant),
 - c. verkürzte sich die Reaktionszeit komplizierter Be-
wegungen stärker als die Reaktionszeit einfacher Be-
wegungen (nicht signifikant),
 - d. erhöhte sich der Fehleranteil an komplizierten Bewe-
gungen stärker als an einfachen Bewegungen.
- 6) Durch das bedeutungslose Zusatz-Signal (Versuchs-Reihe 2
kam es zu einer geringfügigen Verkürzung der Reaktions-
zeiten, deren Ausmaß weder von der Signal-Antwort-Ähnlich-
keit noch der Bewegungsschwierigkeit abhängig war.
- 7) a. Beim Zustandekommen der Reaktionszeit-Verkürzung
durch Unterbrechung spielte wahrscheinlich die Unter-
drückung von im Ansatz langsamen Reaktionen eine
Rolle.
- b. Dennoch zeigten auch die Vpn der Reihe 1, denen das
rechtzeitige Unterdrücken der beabsichtigten Bewe-
gungen niemals gelang, eine signifikant stärkere
Verkürzung der Reaktionszeit durch das Unterbrechung-
Signal als die Vpn der Reihe 2 durch das Zusatz-Si-
gnal.
- c. Das unter b. Ausgeführte galt analog für die Fehler-
zahlen.

Die erhaltenen Resultate wurden im Hinblick auf das
vorgeschlagene Modell der Handlungssteuerung diskutiert.

U N T E R S U C H U N G E

ÜBERPRÜFUNG DER VARIABLE: Übungsgrad der Vpn

A. VORAUSSETZUNGEN, HYPOTHESEN

Alle Tätigkeiten des Menschen mit Leistungscharakter unterliegen dem Gestz, daß mit oftmaliger Wiederholung eine zunehmend höhere Fertigkeit erzielbar ist, die zudem mit geringerer Anspannung einherzugehen pflegt.

Das Verhalten in Reaktionsversuchen macht davon keine Ausnahme. DEUHLER (zit. nach WUNDT 1911) untersuchte den Übungsverlauf von Einfach-Reaktionen als Funktion der Sinnes Modalität, mit der die jeweiligen Signale wahrgenommen wurden. Bei optischen Signalen beobachtete er einen zunächst starken Abfall der Reaktionszeiten über der Zahl der Wiederholungen, "der jedoch nicht lange anhielt" (WUNDT 1911, S. 420). Bei akustischen Signalen trat (erst) nach längerer Einübung, dann allerdings numerisch ziemlich stark, ein merklicher Abfall der Latenzzeiten in Erscheinung. Insgesamt war der Übungsgewinn für akustische und taktile Signale größer als für optische.

HENDERSON (1952) verfolgte über 6 Versuchstage à 100 Reaktionen die Reaktionszeit einer Einfach-Reaktion auf einen visuellen Stimulus. Zwischen den Versuchstagen lag jeweils ein versuchsfreier Tag. Mit Ausnahme einer geringfügigen Umkehr vom 3. zum 4. Versuchstag war ein ständiger Abfall der Latenzzeit zu vermerken, der jedoch zwischen den ersten beiden Versuchstagen am größten war.

BLANK (1934) verglich die Übungsverläufe von Einfach- und Wahl-Reaktionen. Dreissig Vpn absolvierten pro Tag je 60 Reaktionen. Nach 10 Versuchstagen war die Verkürzung der Reaktionszeit durch Übung bei der Wahl-Situation (5-fach-

Wahl) 6 mal so groß wie bei der Einfach-Reaktion (optische Signale).

WOODWORTH & SCHLOSBERG (1960, S. 35) geben für Einfach-Reaktionen den Übungsgewinn am ersten Versuchstag mit ca. 10 %, für Wahl-Reaktionen dagegen mit ca. 30 bis 40 % an (im einzelnen hängt die genaue Größe dieser Werte natürlich von der Zahl der einzelnen Reaktionen pro Tag ab, weiterhin von der Beschaffenheit der Signale u.ä.).

GREGG (1954) exponierte in einer Zweifach-Wahl-Situation Signale unterschiedlichen Informationsgehaltes. Über 144 Reaktionen ergaben sich für alle Versuchsbedingungen etwa gleich große Verbesserungen der Reaktionszeiten durch Übung.

Dagegen wiesen MOWBRAY & RHOADES (1959) in einer vielbeachteten Arbeit nach, daß die mit der Zunahme der Wahlmöglichkeiten (= Vergrößerung des Informationsgehaltes) verbundene Zunahme der Reaktionszeit lediglich ein Effekt mangelnder Übung in Wahl-Situationen ist. In ausgedehnten Versuchen, die sich über mehrere Monate erstreckten, verschwanden die Reaktionszeit-Differenzen zwischen verschiedener Zahl der Wahlmöglichkeiten (der Unterschied zwischen Einfach- und Wahl-Reaktionen blieb dagegen bestehen); hier zeigten sich also Unterschiede des Übungsgewinns in Abhängigkeit vom Informationsgehalt der Situation. Allerdings untersuchten die beiden Autoren nur eine einzige Vp. Auch nach 5000 Reaktionen ließ sich bei dieser noch ein anhaltender Abfall der Reaktionszeit registrieren.

Nach den oben zitierten Ergebnissen kann kein Zweifel daran bestehen, daß die Latenzzeiten von Reaktionsversuchen in geübtem Zustand der Vp kürzer sind als in ungeübtem. Hinsichtlich der Fehlerzahlen dürften analoge Verhältnisse zu erwarten sein (weniger Fehler mit zunehmender Übung). Aus diesem Grunde kann der individuelle Übungsgrad als Variable zur Untersuchung des Unterbrechungseffektes herangezogen werden. Wie in den bisherigen Untersuchungen ist zu erwarten, daß der Unterbrechungseffekt sich dann besonders deutlich zu erkennen gibt, wenn Reaktionszeit und Fehlerzahlen relativ hoch liegen. Im Hinblick auf die

experimentelle Situation lautet deshalb die Hypothese:

Der Unterbrechungseffekt fällt im Zustand geringer Übung deutlicher aus als im Zustand hoher Übung.

B. METHODE

I. Allgemeine Anordnung

In einer Wahl-Situation mußten auf bestimmte Signale unterschiedliche Bewegungen ausgeführt werden. Manchmal mußten die Bewegungen auf ein besonderes Signal hin unterbrochen werden, als sie noch gar nicht begonnen hatten.

Versuche in dieser Anordnung wurden mit mehreren Vpn über einen längeren Zeitraum hinweg durchgeführt.

II. Spezielle Anordnung

Die Versuche entsprachen in Aufbau und Ablauf denjenigen der Untersuchung D, Reihe 1. Sie unterschieden sich davon nur in folgenden Punkten:

- 1) Als Vpn dienten 4 männliche und 4 weibliche Psychologie-Studenten (N=8), die freiwillig und ohne Bezahlung an den Versuchen teilnahmen. Das Alter der Vpn streute zwischen 20 und 24 Jahren.
- 2) Der Abstand, in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal folgte, betrug konstant 0,1 sec.
- 3) Jede Vp wiederholte den Versuch 6 mal, absolvierte also an 7 Versuchstagen insgesamt ca. 1200 Reaktionen. Zwischen zwei Versuchstagen lag jeweils ein versuchsfreier Tag. Bei jeder Vp wurde für den Versuch die Tageszeit des ersten Versuches beibehalten.*)

Analog zu den bisherigen Untersuchungen lag den hier durchgeführten Versuchen der Gedanke zugrunde, im Zustand geringer Übung werde das Intervall von 0,1 sec subjektiv relativ kürzer erscheinen als im Zustand hoher Übung, da es hier (relativ lange Reaktionszeiten) in einem Augenblick

*) Die Versuche wurden von Frau W. JUGERT im Rahmen einer Semester-Arbeit durchgeführt.

wahrgenommen werde, in dem die Entscheidungen über die auszuführende Bewegung noch nicht sehr weit gediehen seien. Den Resultaten der Untersuchung A gemäß fällt der Unterbrechungseffekt aber dann besonders groß aus, wenn die Aufeinanderfolge von Start- und Unterbrechungs-Signal kurz ist. Nun unterliegen ohne Zweifel nicht nur die Start-, sondern auch die Unterbrechungs-Signale einem Übungseffekt. Da jedoch nur immer eines der 4 Start-Signale erschien, muß mit einem größeren Übungsgewinn bei den Start-Signalen (Mehrfach-Wahl) als bei dem Unterbrechungs-Signal (in diesem Sinne Bestandteil einer Einfach-Reaktion) gerechnet werden. Die Start-Signale (alle zusammen) erschienen zudem wesentlich häufiger als das Unterbrechungs-Signal. Aus diesen Gründen war die subjektive Inkonstanz des Verzögerungsintervalles über der Zeit gewährleistet.

C. ERGEBNISSE

Die Kennzeichnung von Fehlreaktionen und die Mittelung der Reaktionszeiten aufgetretener Reaktionen wurde ebenso wie in der vorangegangenen Untersuchung gehandhabt. Deshalb darf auf die neuerliche Erläuterung dieser Schritte hier verzichtet und auf die entsprechenden früheren Kapitel verwiesen werden.

I. Häufigkeit unterbrochener Reaktionen

Da im folgenden besonderes Augenmerk auf das Verhalten der Vpn am ersten, zweiten und letzten Versuchstag gerichtet wird, sind in Tabelle 45 für diese drei Tage die Häufigkeiten gelungener Unterdrückungen aufgeführt.

Tabelle 45: Absolute individuelle und mittlere Häufigkeit vollständig gelungener Unterdrückungen beabsichtigter Reaktionen infolge des Unterbrechungs-Signales; Aufgliederung in die Versuchstage 1, 2 und 7

Vp	Versuchstage		
	1	2	7
1	10	2	23
2	-	-	-
3	4	1	-
4	-	-	-
5	18	15	31
6	14	1	1
7	3	2	3
8	22	7	-
$\bar{X}$	8,88	3,50	7,25

Erläuterung der Tabelle 45: Am ersten Versuchstag gelang es der Vp 1 insgesamt 10 mal, auf Grund des Unterbrechungs-Signales die beabsichtigte Bewegung zu unterdrücken, am letzten Versuchstag 23 mal.

Beim Vergleich der Häufigkeiten des ersten und letzten Versuchstages ist keine Verschiebung der mittleren Häufigkeiten in irgendeiner Richtung zu erkennen. Drei Vpn weisen am Anfang und am Ende der Versuche gleich viele bzw. gar keine vollständig unterbrochenen Handlungen auf, 3 Vpn konnten am Anfang, 2 Vpn am Ende der Versuche mehr Bewegungsansätze vollständig unterdrücken. Demgegenüber wurden am zweiten Versuchstag signifikant weniger Reaktionen unterdrückt als am ersten.

II. Übungsgrad der Vpn und Unterbrechungseffekt

Voraussetzungen einer Überprüfung der Untersuchungshypothese waren abnehmende Reaktionszeiten und Fehlerzahlen mit zunehmender Übung.

Die nachfolgenden Abbildungen lassen erkennen, inwieweit diese Bedingungen erfüllt sind. Außerdem enthalten sie die Daten bezüglich der gemachten Voraussagen.

1) Einfluß der Handlungsunterbrechung auf die Reaktionszeiten in verschiedenen Übungsstadien

Abb. 13 enthält die mittleren Reaktionszeiten unbeeinfluster und unterbrochener Reaktionen an den sieben Versuchstagen (Werte entnommen der Tabelle VII des Anhangs).

Man erkennt einen besonders deutlichen Abfall der Latenzzeiten unbeeinfluster Reaktionen vom ersten auf den zweiten Versuchstag. Nach einem Plateau, das etwa vom dritten bis zum fünften Versuchstag reicht, ist wieder eine ausgeprägte Verbesserung vom fünften auf den sechsten Versuchstag feststellbar.

An allen Versuchstagen liegen die mittleren Reaktionszeiten der unterbrochenen Bewegungen unter denen der nicht unterbrochenen (an den Versuchstagen 2, 4 u. 6 jedoch nicht signifikant). Die Verlaufsformen der Reaktionszeiten unbeeinfluster und unterbrochener Bewegungen ähneln einander in großen Zügen, nur weisen die letzteren insgesamt ein

geringeres Gefälle auf (Abfall vom 1. zum 7.Tag dennoch ebenfalls sehr signifikant); die Verkürzung der Reaktionszeit durch Unterbrechung fällt in den ersten Versuchstagen wesentlich deutlicher aus als in den letzten (Differenz nicht unterbrochen/unterbrochen ist am Versuchstag 1 sehr signifikant größer als am Versuchstag 7, WILCOXON $N=8, T=2$).

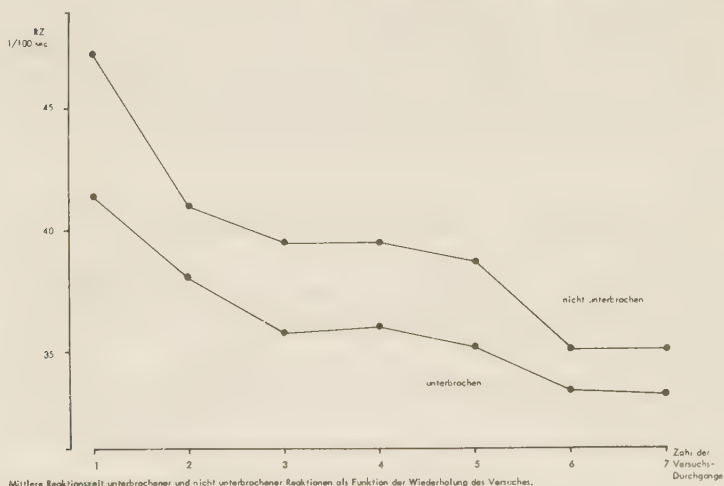


Abb.13

2) Einfluß der Handlungsunterbrechung auf die Fehlerzahlen in verschiedenen Übungsstadien

Abbildungung 14 enthält die mittleren Anteile von Fehlern an den unbeeinflussten und den trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten Bewegungen innerhalb der einzelnen Versuchstage (Werte entnommen der Tabelle X des Anhangs).

An allen Versuchstagen werden die unterbrochenen Reaktionen im Durchschnitt fehlerhafter ausgeführt als die nicht unterbrochenen. Nur am letzten Versuchstag liegt allerdings Signifikanz in dieser Tendenz vor (WILCOXON $N=8, T=3$). Am ersten Versuchstag wird der für $N=8$ kritische T-Wert von 4 nur um einen Punkt verfehlt.

Zwar ist der Rückgang der Fehler über alle Versuchstage hinweg bei den unterbrochenen Bewegungen numerisch etwas höher als bei den nicht unterbrochenen, doch läßt sich weder für die eine noch die andere Versuchsbedingung eine Verringerung der Fehler mit wachsender Übung statistisch sichern.

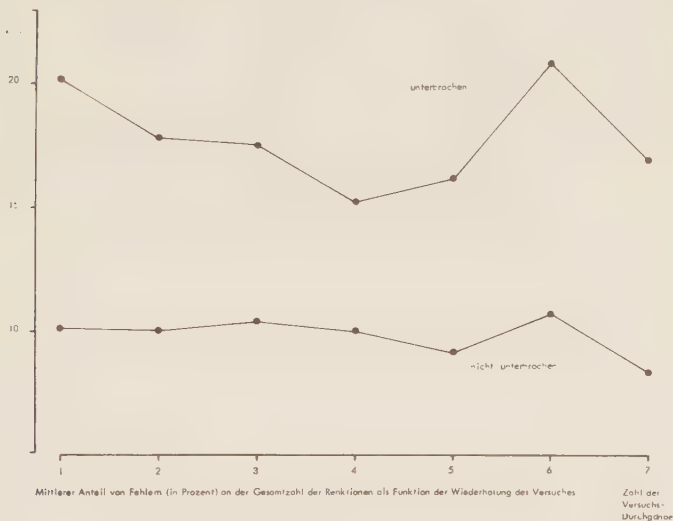


Abb. 14

3) Individueller Zusammenhang von Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg

Da die Veränderungen innerhalb der Reaktionszeiten - wie mehrfach ausgeführt - schwerer wiegen als diejenigen der Fehlerhäufigkeiten, scheinen die bereits wiedergegebenen Daten unsere Erwartungen zu bestätigen. Alle Hypothesen implizieren jedoch substantielle Korrelationen zwischen Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg. Entsprechende Berechnungen ergaben die in Tabelle 46 enthaltenen Koeffizienten.

Tabelle 46: Korrelationen für den Zusammenhang von Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg durch Unterbrechung (jeweils Differenzen nicht unterbrochen/unterbrochen) an den einzelnen Versuchstagen (Vpn in allen Fällen =8)

	V e r s u c h s t a g e						
	1	2	3	4	5	6	7
r'	+0,81	+0,74	+0,57	+0,59	+0,31	-0,26	-0,83
	s	s					ss

Nur an den ersten beiden Versuchstagen weisen diejenigen Vpn, bei denen sich durch Unterbrechung die Reaktionszeit am stärksten verkürzt, systematisch auch die größten Fehlerzunahmen auf (und umgekehrt). Mit bemerkenswerter Steitigkeit wird dieser Zusammenhang mit zunehmender Übung geringer. Am letzten Versuchstag stellt sich der entgegengesetzte Sachverhalt ein. (Werden den obigen Berechnungen seitens der Reaktionszeiten statt der Differenzen nicht unterbrochen/unterbrochen entsprechende Quotienten zugrundegelegt, ändern sich die Koeffizienten nur unwesentlich. Für die einzelnen Versuchstage lauten sie dann: +0,62 s; +0,79 s; +0,48 ; +0,60 ; +0,43 ; -0,14; -0,76 s)

In den nachfolgenden Abbildungen 15 und 16 sind deshalb ausschließlich die Reaktionszeiten bzw. Fehlerhäufigkeiten unbeeinflusster und unterbrochener Tätigkeiten an den Versuchstagen 1 und 2 einander gegenübergestellt.

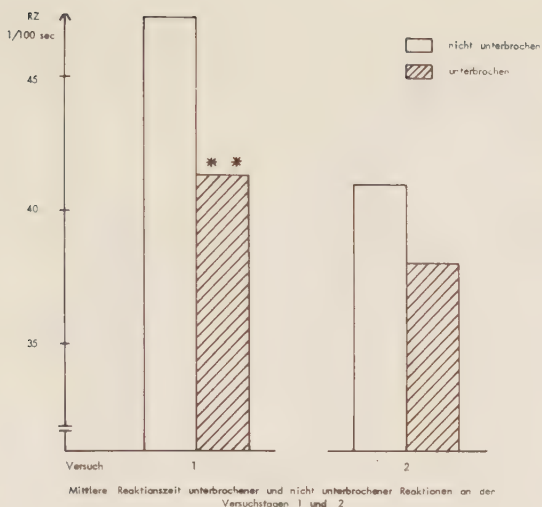


Abb. 15

Die Verkürzung der Reaktionszeit durch Unterbrechung ist am ersten Versuchstag hochsignifikant. Am zweiten Versuchstag liegen die Reaktionszeiten unterbrochener Bewegungen im Durchschnitt zwar ebenfalls unter denjenigen der nicht unterbrochenen, jedoch ohne ausreichende interindividuelle Einheitlichkeit. Das Ausmaß der Verkürzung ist außerdem am ersten Versuchstag wesentlich größer als am zweiten (5,91 gegenüber 2,94/100 sec). Dennoch gelingt nicht die gegenseitige statistische Absicherung dieser Beträge über WILCOXON-Doppeldifferenzen, da es an den beiden Versuchstagen jeweils andere Vpn sind, die die größte (bzw. kleinste) Verkürzung aufweisen. Die Korrelation der Differenzen nicht unterbrochen/unterbrochen zwischen erstem und zweitem Versuchstag beträgt nämlich $r' = -0,11$ ns.

Ähnliches gilt für die Verhältnisse bei den Fehlerhäufigkeiten, wo sich die Fehler am ersten und zweiten Versuchstag durch Unterbrechung um durchschnittlich 10,06 und 7,69 % erhöhen. Die Korrelation zwischen den Fehlerzunahmen beider Versuchstage beträgt hier $r' = 0,00$.

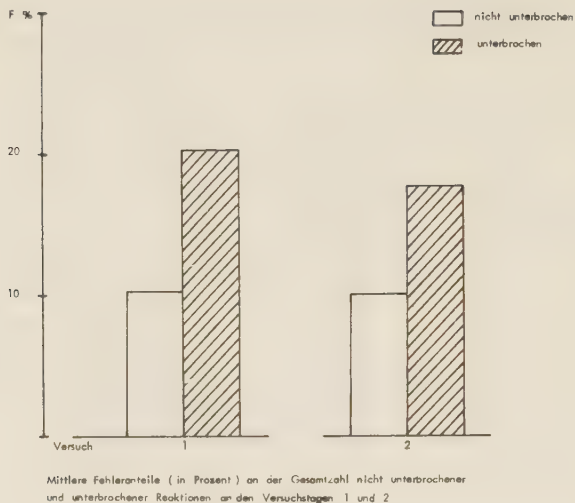


Abb. 16

4) Einfluß der Variable Signal/Antwort-Ähnlichkeit, Bewegungsschwierigkeit und Handlungsunterbrechung auf Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten in verschiedenen Stadien der Übung

Auf eine weitergehende Aufgliederung der Ergebnisse nach dem Einfluß der Variable Signal-Antwort-Ähnlichkeitsbeziehung und Bewegungsschwierigkeit auf das Zustandekommen der mitgeteilten Befunde soll hier verzichtet werden, da eine solche Erörterung für das in Frage stehende Problem keine neuen Gesichtspunkte bringt. Die individuellen und mittleren Reaktionszeiten sowie prozentualen Fehlerhäufigkeiten unter diesen Versuchsbedingungen befinden sich, jeweils getrennt für die einzelnen Versuchstage, im Anhang verzeichnet und können weiterführenden Berechnungen zugrundegelegt werden. Diesen Werten zufolge zeigt sich der Unterbrechungseffekt auch bei unähnlichen und ähnlichen Signalen sowie einfachen und komplizierten Bewegungen im Zustand niedriger Übung deutlicher als im Zustand hoher Übung, wenngleich diese Tendenz nicht immer auf dem 5 %-Niveau zu sichern ist.

Die erhobenen Meßwerte erlauben u.a. auch eine Prüfung, inwieweit die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung denjenigen der vorangegangenen entsprechen (die - von den Wiederholungssitzungen abgesehen - den gleichen Versuchsaufbau hatte). Zunächst wurde in der Verfolgung dieser Absicht mit allen der Abb. 13 zugrundeliegenden mittleren individuellen Reaktionszeiten eine komplexe Varianzanalyse durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 47 zusammengestellt sind.

Wie in Untersuchung D besteht auch hier eine signifikante Interaktion von Unterbrechungseffekt und Signal-Antwort-Ähnlichkeitsbeziehung (BSS_{35} ss); der Unterbrechungseffekt ist besonders groß bei Verwendung unähnlicher Signale. So beträgt z.B. am ersten Versuchstag die Reaktionszeit-Verkürzung durch Unterbrechung der Bewegungen auf unähnliche Signale durchschnittlich 8,64/100 sec (ss), der Fehleranstieg 16,28 % (s). Beide Merkmalsveränderungen interkorrelieren mit $r' = 0,91$ (ss). Für die Bewegungen auf ähnliche Signale lauten die entsprechenden Werte dagegen (nur) 3,17/100 sec (ns), 5,47 % (ns) und $r' = 0,81$ (s).

Ebensowenig wie in Untersuchung D erwies sich der Unterbrechungseffekt als abhängig vom Schwierigkeitsgrad der Bewegung (BSS_{34} ns). Im Gegensatz zu früher lagen hinsichtlich beider Bewegungsformen jedoch (hier: im Mittel aller Versuchstage) keine gesicherten Mittelwertunterschiede vor (BSS_4 ns; eine Varianzanalyse nur der Meßwerte des ersten Versuchstages ergab die gleichen Resultate, so daß an dieser Stelle diejenige wiedergegeben wurde, die auch Aufschluß über die Variable "Übung" vermittelt). Lediglich am Versuchstag 6 erfolgten die komplizierten Bewegungen interindividuell einheitlich mit längerer Latenz als die einfachen Bewegungen. Die Differenz, 1,50/100 sec, war jedoch zu gering, um die geforderte Wechselwirkung hervortreten zu lassen. Die Veränderung von Reaktionszeit und Fehlerhäufigkeit durch Unterbrechung war bei einfacher und komplizierter Bewegung nahezu gleich groß, die Interkorrelation nicht signifikant.

Die Wechselwirkung zwischen Übung und der Reaktionszeit-Verkürzung durch Unterbrechung (BSS_{23}) ist (auch) bei Einbezug aller Versuchstage signifikant (vgl. dazu Ausführungen S.130).

Als nicht unbedeutendes Nebenresultat ergibt sich, daß über die beobachtete Zahl von Reaktionen hinweg die Ähnlichkeitsbeziehung Signal/Antwort und der Übungsfortschritt nicht in Wechselwirkung miteinander stehen (BSS_{25} ns). Es existieren also keine Unterschiede im Übungsgewinn auf unähnliche und ähnliche Signale bzw. nur solche Unterschiede, die durch Zufallseinfluß verursacht sein können (analoges gilt für die Bewegungsschwierigkeit, wo allerdings zwischen den beiden Klassen keine eindeutigen Differenzen bestehen, BSS_4 ns).

Tabelle 47: Varianzanalyse der Reaktionszeiten

Quelle der Varianz		df	m. Q.	F	
BSS	A Vpn	7	11.496.892	93,39	ss
	B Übung	6	7.767.487	63,06	ss
	C Unterbrechung	1	12.075.646	98,04	ss
	D Bewegungsschwier.	1	23.230	0,19	
	E Ähnlichkeitsbez.	1	18.872.304	153,22	ss
	AB	42	744.398	6,04	ss
	AC	7	855.222	6,94	ss
	AD	7	518.062	4,21	ss
	AE	7	1. 241.593	10,08	ss
	BC	6	312007	2,53	s
	BD	6	143.505	1,17	
	BE	6	130.236	1,06	
	CD	1	209.771	1,70	
	CE	1	1.881.136	15,27	ss
	DE	1	3.356	0,	
	ABC	42	119.791	0,	
	ABD	42	253.211	2,06	s
	ABE	42	172.496	1,40	
	ACD	7	230.052	1,87	
	ACE	7	242.634	1,97	
	ADE	7	106.494	0,	
	BCD	6	204.034	1,66	
	BCE	6	87.903	0,	
	BDE	6	169.425	1,38	
	CDE	1	97.456	0,	
	ABCD	42	182.953	1,49	
	ABCE	42	82.363	0,	
	ABDE	42	163.332	1,33	
	ACDE	7	68.087	0,	
	BCDE	6	63.037	0,	
	ABCDE	42	123.173		

D. DISKUSSION

I. Übungsgrad und Reaktionszeit bzw. Fehlerhäufigkeit

Der Verlauf der Reaktionszeiten über den Versuchs-Wiederholungen entspricht weitgehend dem allgemeinen Bild von Übungskurven. Am Anfang findet die größte Verbesserung der Leistung statt. Der Zuwachs vom ersten auf den zweiten Versuchstag beträgt ca. 13 %. Von Unregelmäßigkeiten abgesehen wird dieser Wert von Versuch zu Versuch kleiner, und zwischen den letzten beiden Versuchstagen ist ein Übungsgewinn nicht mehr feststellbar.

Für die Fehlerzahlen gelten diese Verhältnisse nicht. Hier ist über die Versuchswiederholungen zwar eine geringfügige Abnahme der Fehler zu beobachten, doch erfolgt diese nicht interindividuell einheitlich genug. Die nach Abb. 14 auffallend große Zunahme der Fehler bei unterbrochenen Tätigkeiten vom 5. zum 6. Versuchstag ist nicht signifikant.

Auf Grund der Varianzanalyse besteht zwischen Übungsgrad und Ähnlichkeitsbeziehung Signal/Antwort keine Wechselwirkung. Dieser Befund bestätigt die Ergebnisse von GREGG (1954). Dennoch wird den Resultaten von MOWBRAY & RHOADES (1959) nicht widersprochen, da diese wesentlich mehr Reaktionen als wir ausführen ließen.

II. Übungsgrad und Unterbrechungseffekt

Die in den Abbildungen 15 und 16 wiedergegebenen Resultate bestätigen die eingangs formulierte Arbeitshypothese. Der (eigentliche) Unterbrechungseffekt fiel am ersten Versuchstag (= in relativ ungeübtem Zustand der Vpn) stärker aus als am zweiten (= in relativ geübtem Zustand).

Die Frage, welche Rolle beim Zustandekommen des Unterbrechungseffektes die Exposition eines zusätzlichen Signales spielt (von der damit verbundenen Instruktion zur Unterbrechung der Tätigkeit ganz abgesehen), ist bereits in Untersuchung D ausführlich behandelt worden. Danach ist ein gewisser Anteil der Reaktionszeit-Verkürzung bei beabsichtigter Unterbrechung durch unspezifische Signalwirkungen zu erklären, die deshalb auch hier in Rechnung gestellt werden können.

Auch dem Einfluß vollständig gelungener Unterdrückungen auf den Unterbrechungseffekt wurde schon nachgegangen. Unter der neuen Fragestellung war zu prüfen, ob in ungeübtem Zustand der Vpn mehr Reaktionen unterdrückt wurden als in geübtem und sich schon deshalb der Ausgang der Versuche erklärt.

Den in der Tabelle 45 enthaltenen Häufigkeiten gelungener Unterdrückungen zufolge wurden am zweiten Versuchstag tatsächlich weniger Bewegungen unterdrückt als am ersten. Dagegen wurden am letzten Versuchstag, wo der Unterbrechungseffekt noch wesentlich geringer ist als am zweiten, ebenso viele Bewegungen unterdrückt wie am ersten Tag. Insgesamt ist deshalb die Erklärung kaum vertretbar, der in den frühen Stadien der Übung größere Unterbrechungs-Effekt sei die Folge häufigerer Unterdrückungen (der wahrscheinlich eher langsamen Reaktionen).

E. INTERPRETATION

Die Untersuchungshypothese konnte weitgehend bestätigt werden. Dadurch erweitert sich der Geltungsbereich der entwickelten Modellvorstellungen von den bisher untersuchten objektiven" Bedingungen der Reaktionszeit und Fehlerhäufigkeit auch auf "subjektive" Merkmale.

Eine Einschränkung ergab sich insofern, als vom Unterbrechungseffekt in seiner definierten Form nur an den beiden ersten von insgesamt 7 Versuchstagen gesprochen werden konnte. Nur hier zeigten die Vpn mit relativ starker (bzw. schwacher) Reaktionszeit-Verkürzung auch einen starken (bzw. schwachen) Fehleranstieg. Die abnehmende Beziehung zwischen diesen beiden Merkmalen mit zunehmender Übung muß durch eine damit einhergehende qualitative Veränderung der Informationsverarbeitung erklärt werden (MOWBRAY & RHOADES 1959). Das gleiche gilt für die niedrigen Korrelationen innerhalb der Reaktionszeit-Verkürzung und der Fehlerzunahme zwischen aufeinanderfolgenden Tagen. Vielleicht findet seitens der Vpn mit wiederholter Durchführung des Versuches auch eine Verschiebung der Instruktions-Beachtung statt (schnell und richtig zu handeln), die zu den beobachteten Resultaten führt. Dieses sind jedoch alles Vermutungen, zwischen denen eine Entscheidung vorerst nicht getroffen zu werden braucht.

F. ZUSAMMENFASSUNG

Versuche, die weitgehend denen der Untersuchung D, Reihe 1 entsprachen, wurden mit 8 Vpn 6 mal wiederholt. An 7 Versuchstagen führte jede Vp insgesamt ca. 1200 Bewegungen aus.

Die Reaktionszeiten unbeeinflusster Bewegungen folgten weitgehend dem allgemeinen Verlauf einer Übungskurve: Zwischen den ersten Versuchstagen zeigte sich eine stärkere Abnahme als zwischen den letzten.

Bei den Fehlerhäufigkeiten traten ähnliche Verhältnisse nicht auf.

Durch Unterbrechung der beabsichtigten Bewegungen

- 1) verkürzte sich die Reaktionszeit im Zustand relativ geringer Übung stärker als im Zustand relativ hoher Übung,
- 2) erhöhte sich die prozentuale Fehlerhäufigkeit im Zustand relativ geringer Übung stärker als im Zustand relativ hoher Übung.

U N T E R S U C H U N G F

MERKMALE DER BEWEGUNGSGESCHWINDIGKEIT BEI NICHT UNTERBROCHENEN UND UNTERBROCHENEN TÄTIGKEITEN

A. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

In den von uns entwickelten Vorstellungen zur Interpretation des Unterbrechungseffektes wurden Reaktionszeit-Verkürzung und Fehleranstieg bei den unterbrochenen gegenüber den nicht unterbrochenen Bewegungen als Folge einer Enthemmung gesehen. Diese Enthemmung geschieht in Form der Beseitigung einer Blockierung, die das Auftreten von Reaktionen verhindern soll, deren Zuordnung zum jeweils erschienenen Start-Signal noch nicht abgeschlossen ist.

Im Sinne von PAWLOW (1953) verdeckt die Blockierung bestimmte Vorgänge, die bereits ihre endgültige Gestalt gewonnen haben. Durch die Aufhebung der Blockierung treten letztere unvermittelt in dieser Form in Erscheinung. Die der verkürzten Reaktionszeit unserer Versuche gegenüberstehenden erhöhten Fehlerzahlen beweisen nicht etwa das Gegenteil davon. Sie besagen nur, daß die Entscheidungsprozesse noch nicht zu Ende gekommen sind und deshalb Fehler wahrscheinlicher werden. Die auszuführenden Bewegungen sind praktisch vorbereitet, es bedarf lediglich noch der Zuordnung einer dieser Bewegungen zum jeweils erschienenen Signal.

Trotzdem reichen die Ergebnisse bisher nicht aus, um die Verwendung des Begriffes "Enthemmung" voll zu rechtfertigen. Es kann die Möglichkeit nicht ausgeschlossen

werden, daß auf Grund des Unterbrechungs-Signales die Entscheidungsprozesse zur Vorbereitung einer Handlung so beschleunigt werden, daß sie wesentlich früher abgeschlossen sind als ohne dieses Signal. Mehr Fehler im Zusammenhang mit einer solchen Beschleunigung wären nicht unbedingt zu erwarten (wie auch in Untersuchung C bereits ausgeführt). Sie würden jedoch dann als plausibel erscheinen, wenn man sich vorstellt, die Beeinflussung oder Beschleunigung der Entscheidungen erfolge derart rasant und mit solcher Dynamik, daß die Blockierung gleichsam "durchbrochen" werde, die der Verhinderung ungenügend zugeordneter Bewegungen dient. Auch in diesem Falle würden kurzen Reaktionszeiten hohe Fehlerzahlen entsprechen, ein Konzept, das besonders mit der "Tusch-" oder "Schreckreaktion" von HAMMER (1914) gut zu vereinbaren wäre.

Anders als bei den bisherigen Vorstellungen wäre also das vorzeitige Auftreten der Handlungen durch Unterbrechung zu verstehen. Wurde dort auf Grund des Unterbrechungs-Signales eine Hemmung beseitigt, wovon die Prozesse zur Vorbereitung der Bewegung im engeren Sinne unberührt blieben, erfahren hier diese Prozesse selbst eine Beeinflussung, in deren Verzug dieselbe Blockierung "aktiv" überwunden wird.

Eine Entscheidung darüber, welcher der beiden Vorstellungskomplexe den Gegebenheiten tatsächlich am nächsten kommt, scheint bei alleiniger Kontrolle der Merkmale Reaktionszeit und Fehlerzahl schwer möglich zu sein. Beide Modelle würden jeweils identische Voraussagen machen. Deshalb soll auf den Ablauf der Bewegungen zurückgegriffen werden.

Trifft es nämlich zu, daß sich im Zuge der beabsichtigten Unterbrechung eine deutliche Beschleunigung der Entscheidungsprozesse einstellt und eine Durchbrechung der Blockierung stattfindet, sind mit gewisser Berechtigung auch Auswirkungen auf die Bewegungen selbst zu erwarten. Diese würden etwa in Form höherer Geschwindigkeit bzw. stärkerem Beschleunigungsanstieg gegenüber nicht unterbrochenen Bewegungen erfaßbar sein. Sicherlich kämen dafür

nur Bewegungsabschnitte kurz nach Beginn der Ausführung in Frage, denn die unterbrochenen Bewegungen sollen ja laut Instruktion gestoppt werden. Deshalb erreichen sie vielfach nicht die Länge von unbeeinflussten Bewegungen.

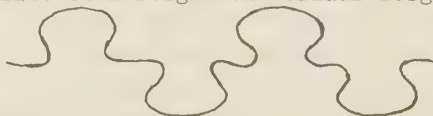
Die nachfolgend dargestellten Experimente beschäftigen sich mit dem oben aufgeworfenen Problem. Es soll erkundet werden, ob unbeeinflusste und unterbrochene Bewegungen sich (kurz nach Beginn) hinsichtlich des Geschwindigkeitsverlaufes voneinander unterscheiden.

B. METHODE

Im Prinzip entsprach der Aufbau der Versuche dem der vorangegangenen Untersuchungen. Zusätzlich zu früher konnte der Geschwindigkeitsverlauf der ausgeführten Bewegungen registriert werden.

I. Allgemeine Anordnung

In einer Zweifach-Wahl-Situation mußten die Vpn auf bestimmte Signale möglichst schnell entweder eine geradlinige oder bogenförmige (kurvenförmige) Bewegung ausführen. Letztere sollte etwa folgenden Verlauf zeigen:



Manchmal wurde mit dem jeweiligen Start-Signal noch ein weiteres Signal gegeben, was für die Vpn das Zeichen zum sofortigen Abbruch der begonnenen oder beabsichtigten Bewegung war.

II. Apparatur

Die Apparatur war dieselbe wie in Untersuchung B, weshalb auf deren erneute Beschreibung hier verzichtet wird.

Der Abstand, in dem das Unterbrechungs-Signal dem Start-Signal folgte, betrug bei der geradlinigen Bewegung 0,08, bei der bogenförmigen 0,095 sec.

III. Registrierung der Bewegungsgeschwindigkeit

Die Vpn führten die einzelnen Bewegungen mit einem Griffel aus, dessen Kern aus einer Stahlmine bestand. Papier mit aufgedampfter Metallschicht*) bildete die Schreibunterlage. Diese war mit der Anode, der Stiftkern mit der Kathode eines astabilen Multivibrators von 24 V Ausgangsspannung**) verbunden, dessen Frequenz stufenweise von 20 bis 100 Hz eingestellt werden konnte. Berührte der Stift die Folie, wurde die Kontaktstelle beim Fließen des Stromes so stark erhitzt, daß das Metall abschmolz (und sich zum Teil an dem Stift anlagerte). Wurde der Griffel über die Unterlage geführt, entstand auf diese Weise eine Reihe von Punkten, an denen die Unterlage durchsichtbar war (s. Muster).



Bei konstanter Geschwindigkeit der Bewegung hatten die Punkte je nach der Frequenz der Stromimpulse einen engen oder weiten Zwischenraum. Umgekehrt zeigten sie bei konstanter Frequenz aber wechselnder Bewegungsgeschwindigkeit verschiedene Abstände voneinander, die mit wachsendem Tempo größer wurden und umgekehrt.

Durch Ausmessen des Intervalls zwischen benachbarten Punkten konnten damit ohne weitere Hilfsmittel die zeitlichen Merkmale eines zweidimensionalen Bewegungsablaufes bestimmt werden. Zur Ermittlung der Dauer einer Bewegung

*) Lieferant: Fa. Holtzmann, Speyer, Best.-Nr. RMP 60/270

**) Herrn Dr. HAJOS wird herzlich für den Bau des Gerätes gedankt.

zwischen zwei Orten genügte das Auszählen der dazwischen von dem Stift hinterlassenen Punkte. Die Summe derselben, relativiert auf die benutzte Frequenz in Hz, ergab die Zeit in sec.

Das Prinzip derartiger Registrier-Vorrichtungen ist nicht neu. Von GILDEMEISTER et al. (1935) stammt ein Verfahren, bei dem das Schreibpapier erst mit einer Lösung von Kalium-Ferrocyamid, Kochsalz, Natrium-Nitrat und Wasserstoffsuperoxyd angefeuchtet werden mußte. Eine Metallunterlage und der Schreibstift befanden sich in einem Stromkreis von Wechselstrom mit rechteckiger Phasenumkehr. In den Fällen, wo der Stift Anode war, entstand auf dem Papier durch elektrolytische Umsetzung ein dunkelblauer Strich.

DERWORT (1938), dessen Versuche vom Problem her nicht so hohe Ansprüche an die Genauigkeit der Aufzeichnung stellten, benutzte demgegenüber sinusförmigen Wechselstrom von 50 Hz, der der Lichtleitung entnommen und auf 10 V reduziert wurde.

Ein von KATZ (1948) sehr detailliert beschriebener "Skriptochronograph" setzte die Verwendung von Papier voraus, das zuvor mit einer Kaliumrodanid-Lösung behandelt werden mußte.

Der Zwang, das Papier vorher anzufeuchten, verhinderte eine allgemeine Verbreitung jener Methoden. Besonders bei relativ starkem Papierverbrauch pro Zeiteinheit war es nicht leicht, die vorbereiteten Vorlagen immer in einem günstigen Feuchtigkeitsgrad zu halten. Ein weiterer entscheidender Nachteil bestand darin, daß besonders bei sehr schnellen Bewegungen das aufgeweichte Papier zerriß oder die Elektrolyse nicht intensiv genug erfolgte. All diese Mängel wurden mit Benutzung des Metallpapiers ausgeschaltet.

IV. Durchführung der Versuche, Versuchspersonen

Auch im Ablauf glichen die Versuche weitgehend denjenigen von Versuchs-Reihe B. Abweichend davon wurde jedes der Start-Signale nach Zufall 52 mal geschaltet. Die absolute Häufigkeit der Unterbrechungs-Signale betrug 36.

Dreizehn Studenten beiderlei Geschlechts, Angehörige der philosophischen und naturwissenschaftlichen Fakultät, nahmen freiwillig an dem ca. 1 Stunde dauernden Versuch teil.

In der Regel wurde der Strom für die Registrierung des Bewegungsablaufes vor Beginn der Versuche auf 40 Hz

eingestellt. Dadurch ergaben sich bei den bogenförmigen (=komplizierten) Bewegungen, die durchweg langsamer erfolgten als die geradlinigen (=einfachen), noch genügend große Abstände zwischen den einzelnen Punkten. Andererseits waren diese Abstände bei den einfachen Bewegungen noch nicht zu groß, um die Differenzierung zu beeinträchtigen. Bei einigen Vpn war es nötig die Frequenz des Stromes herab-, bei anderen möglich, diese heraufzusetzen. Über diesen Punkt entschieden einige probeweise ausgeführte Bewegungen. Leider konnte die Frequenz nicht während des Versuches - den unterschiedlichen Geschwindigkeiten von einfachen und komplizierten Vollzügen entsprechend - verändert werden.*)

C. ERGEBNISSE

Von den 13 Vpn konnten zwei in allen Fällen auf Erscheinen des Unterbrechungs-Signales noch rechtzeitig ihre Bewegung unterdrücken, so daß von ihnen Bewegungsvollzüge, die abgebrochen werden sollten, nicht vorlagen. Da sie auf diese Weise nichts zur Klärung der anstehenden Fragen beitrugen, wurden sie vor der Zusammenstellung der Ergebnisse ausgeschlossen. Nur die geradlinige Bewegung wurde analysiert. Folgende Gründe waren dafür maßgebend:

1) Bei einigen Vpn waren die Abstände zwischen den einzelnen Punkten der bogenförmigen Bewegung zu gering, um eine exakte Quantifizierung zu gewährleisten.

Während der Vorversuche, in denen die Bewegungen jeweils sofort kontrolliert und mit den Vpn besprochen wurden (Prüfung des Instruktionsverständnisses), hatten auch diese Vpn die komplizierten Bewegungen genügend schnell ausgeführt.

2) Die bogenförmige Bewegung sollte sofort nach Beginn eine Richtungsänderung aufweisen. An dieser Stelle kam es entsprechend zu einem starken Abfall der Geschwindigkeit. Der

*)Die Versuche wurden von Frl.W. HAARDT als Teil einer Semester-Arbeit durchgeführt und vom Verf. ausgewertet.

Zeitpunkt, in dem dies der Fall war, variierte intra- und interindividuell so stark, daß eine Mittelung mehrerer Bewegungen nicht mehr vertretbar erschien.

Weiterhin wurden von den geradlinigen Bewegungen ausschließlich diejenigen berücksichtigt, die im Sinne der Instruktion als richtig galten (Klassifizierung der Fehlreaktionen ähnlich wie in den früheren Untersuchungen).

I. Häufigkeit der trotz Unterbrechungs-Signal erfolgten Reaktionen

Pro Vp wurden 52 Start-Signale für die geradlinige Bewegung exponiert, davon 18 zusammen mit einem Unterbrechungs-Signal. Die nachfolgende Tabelle(48) zeigt, wieviele der Bewegungen trotz Unterbrechungs-Signal noch begonnen wurden.

Tabelle 48: Absolute Häufigkeit der trotz Unterbrechungs-Signal begonnenen richtigen und falschen Bewegungen

Vp Nr.	richtige Beweg.	falsche Beweg.
1	3	-
2	3	-
3	14	-
4	7	1
5	13	1
6	11	-
7	16	1
8	9	-
9	8	-
10	5	-
11	16	2
	105	5

Erläuterung: Trotz Unterbrechungs-Signal begann Vp 4 insgesamt 8 mal die Bewegung. In einem Fall führte sie versehentlich statt der geradlinigen die bogenförmige Bewegung aus.

Die Häufigkeit der trotz Unterbrechungs-Signal begonnenen Bewegungen ist interindividuell sehr verschieden. Einige Vpn konnten die beabsichtigte Bewegung nahezu immer, andere fast niemals mehr vollständig unterdrücken.

II. Bewegungsablauf

Die Resultate bezüglich der Reaktionszeiten sind bereits erwähnt worden (s. S. 121). Ausführlich soll an dieser Stelle nur auf die zeitlichen Verhältnisse der einzelnen Bewegungsabläufe eingegangen werden.

Auf Grund der angewendeten Registrier-Methode boten sich im Hinblick auf die Fragestellung zwei gleich adäquate Auswertungsschritte an:

- 1) Eine bestimmte Distanz wird vorgegeben. Durch Auszählen der Punkte, die sich innerhalb dieser Strecke befinden, wird die Zeit festgestellt, die zum Bewältigen der Strecke benötigt worden ist.
- 2) Eine bestimmte Zeit wird vorgegeben. Diese Zeit findet sich auf der Folie in der Zahl der hinterlassenen Punkte wieder. Durch Ausmessen der Länge dieser Kette von Punkten wird der Weg ermittelt, der in der festgesetzten Zeit zurückgelegt worden ist.

Dem Verfahren unter Punkt 2) wird hier der Vorzug gegeben. Es arbeitet einfacher und genauer, da Interpolationen jeglicher Art entfallen. Wurde der Stift die fragliche Zeit bewegt, ist die dieser Zeit entsprechende Strecke auf der Vorlage sichtbar und demzufolge quantifizierbar. Bei dem zuerst genannten Verfahren kommt das Ende der vorgegebenen Strecke in den meisten Fällen zwischen zwei (Zeit-) Markierungspunkte zu liegen, weshalb der exakte Wert erschlossen werden müßte. Dieses ist insofern schwierig, als die Bewegungen nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit erfolgten, sondern beschleunigt und verzögert wurden.

Eine Durchsicht der Versuchsprotokolle ergab, daß die meisten Vpn mehr als 0,15 sec benötigten, um die Bewegung auszuführen (Länge: ca. 28 cm). Aus diesem Grunde wurden die hinterlassenen Bewegungsabläufe in drei Abschnitte aufgeteilt und festgestellt, welche Entfernungen nach 0,05, 0,1 und 0,15 sec zurückgelegt worden waren. Auf der Vorlage entsprach 0,05 sec bei 40 Hz der Entfernung des zweiten Zeit-Markierungspunktes vom Startpunkt. Für 0,1 sec mußte die Entfernung des vierten, für 0,15 sec die des sechsten Punktes vom Startpunkt ausgemessen werden. Für 60, 80 und 100 Hz waren es entsprechend die Punkte 3, 6, 9; 4, 8, 12 und 5, 10, 15.

Nachfolgende Tabelle (49) enthält die Wegstrecken, die in jeder der genannten Zeiten zurückgelegt wurden.

Tabelle 49: Mittlere Wegstrecken (in mm) nicht unterbrochener und unterbrochener Bewegungen an verschiedenen Zeitpunkten nach Beginn der Ausführung (entnommen der Tabelle XIV b des Anhangs)

	Zeit in sec		
	0,05	0,10	0,15
nicht unterbrochen	26,72	93,04	183,25
Bewegungsablauf	s	s	
unterbrochen	24,42	85,29	153,82

Erläuterung: Im Mittel aller Vpn waren die nicht unterbrochenen Bewegungen 0,05 sec nach Beginn ihrer Ausführung 26,72 mm lang. Nach 0,1 sec hatten sie eine Gesamtlänge von 93,04 mm erreicht. Im Durchschnitt wurden in der Zeit zwischen 0,05 und 0,1 sec nach Beginn also 66,32 mm zurückgelegt (P kl. 5 % = s; Vorzeichen- bzw. WILCOXON-Test)

Nun ist zu bedenken, daß in den obigen Werten auch solche Wegstrecken enthalten sind, auf denen die Bewegung bereits wieder verzögert wurde, weil der Rand der Vorlage in die Nähe gerückt war oder weil das Unterbrechungs-Signal befolgt und die Bewegung abgebremst wurde. Wie eine Überprüfung der individuellen Wegstrecken ergab, trifft der zweite Grund wesentlich häufiger zu als der erste. (Um ein Nachvollziehen der folgenden Ausführungen zu ermöglichen, sind die Urwerte aller Vpn beigelegt worden, s. Tabelle XIII des Anhangs.) So dauerten niemals alle unterbrochenen Bewegungen einer Vp 0,15 sec. Demgegenüber wiesen allein bei 6 Vpn alle nicht unterbrochenen Bewegungen mindestens eine solche Dauer auf, da hier kein Zwang zu einem derart frühzeitigen Abbruch bestand.

Sollte dieser Tatbestand berücksichtigt werden, dürfen nur solche Bewegungen miteinander verglichen werden, bei denen zu vergleichbaren Zeiten keine Verzögerung zu erkennen war. Diese Bedingung galt als erfüllt, wenn die betreffende Bewegung auch noch in der nächstfolgenden Teilzeit ablief. Im einzelnen wurden deshalb für die Teilzeit 0,05 sec nur Bewegungen aufgenommen, die auch für die Zeit zwischen 0,05 und 0,1 sec eine Wegstrecke auf-

wiesen. Diese Bewegungen durften also nicht nach weniger als 0,1 sec bereits beendet sein. Entsprechend war eine Bewegung bis zur Teilzeit 0,1 sec noch nicht abgebremst, wenn sie auch nach 0,15 sec noch nicht eingestellt worden war. Für 0,15 sec Teilzeit ließ sich diese Klassifikation nicht durchführen. Meistens wurden nämlich die Bewegungen zwischen 0,15 und 0,2 sec abgebrochen, weil die Vorlage überquert war. Nur bei wenigen Vpn, die die Bewegung relativ langsam ausführten, wären auf diese Weise noch Wegstrecken für jene Teilzeit zu ermitteln gewesen.

Dieses Vorgehen schien berechtigt, da das Abstoppen der Bewegungen durchweg in relativ kurzer Zeit erfolgte. Bei Verwendung von 40 Hz konnte sich das Bild ergeben, daß dem registrierten Ende der Bewegung ein maximaler Abstand zwischen zwei Markierungspunkten unmittelbar voranging. (Dies kann freilich zum Teil daran gelegen haben, daß die Vpn in der Absicht, die Bewegung abubrechen, den Stift von der Unterlage abhoben.)

In der nachfolgenden Tabelle 50 sind die auf Grund der genannten Auswahl berechneten Mittelwerte zusammengestellt.

Tabelle 50: Mittlere Wegstrecken (in mm) nicht unterbrochen- und unterbrochener Bewegungen an verschiedenen Zeitpunkten nach Beginn der Ausführung; Auswahl nur solcher Bewegungen, die nicht innerhalb der folgenden 0,05 sec beendet wurden (entnommen der Tabelle XV des Anhangs)

	Zeit in sec	
	0,05	0,10
nicht unterbrochen	26,52	87,92
Bewegungsablauf	ns	ns
unterbrochen	24,71	77,13

Im Mittel aller Vpn waren die unterbrochenen Bewegungen, die nicht vor Ablauf von 0,1 sec beendet wurden, nach 0,05 sec Dauer 24,71 mm lang. Der entsprechende Wert der nicht unterbrochenen Bewegungen lautet 26,52 mm. Die Differenz zwischen ihnen ist nicht signifikant. das mittlere ns bezieht sich auf die mittleren Differenzen zwischen den Wegstrecken, die in der Zeit von 0,05 bis 0,10 zurückgelegt wurden.

Eine graphische Veranschaulichung der Werte aus Tabelle 50 wurde in Abbildung 17 vorgenommen.

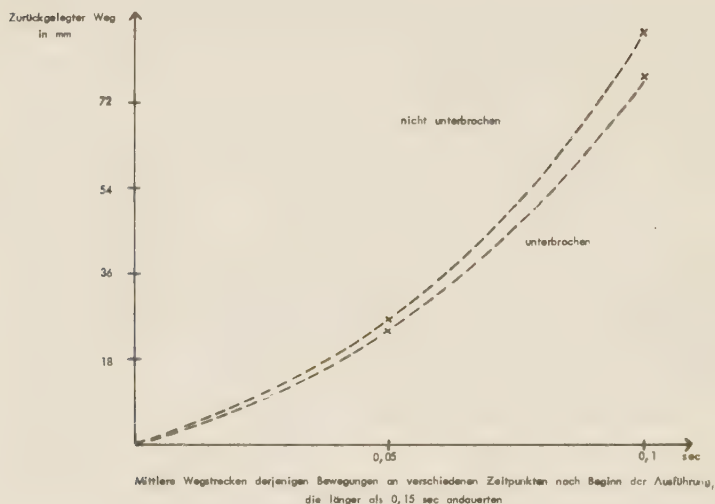


Abb. 17

D. DISKUSSION

1. Verlauf nicht unterbrochener Bewegungen

Die in der Literatur vorliegenden Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf mehr oder weniger zielgerichtete Bewegungen. (Eine Ausnahme bilden die Studien von ISSERLIN 1910, der die zeitlichen Verhältnisse beim Krümmen des Zeigefingers ermittelte. Diese Bewegung ist allerdings von der unsrigen zu sehr verschieden, um eingehende Vergleiche zu rechtfertigen.) PETERS & WENBORNE (1936) liessen einen Griffel möglichst schnell über Metallplättchen führen, die nebeneinander - getrennt nur durch schmale

Holzstege - in einen Rahmen eingelassen waren. Während der ersten 13/100 sec wurden bei einer Bewegung von 50,8 cm Länge nur ca. 2,5 cm zurückgelegt.

Mit wesentlich verfeinerten Methoden kamen VOSSIUS (1957) und SCHMIDTKE (1960) zu Werten in derselben Größenordnung.

Auch die Vpn von BROWN & SLATER-HAMMEL (1949) benötigten im Mittel 20/100 sec, um den ersten Teil ("primary movement") einer zielgerichteten Bewegung von 2,5 cm Amplitude zu vollenden.

Die vergleichbaren Meßwerte unserer Untersuchung liegen ganz erheblich über diesen Angaben. 15/100 sec nach Beginn der Ausführung waren im Durchschnitt bereits 18,33 cm zurückgelegt (s. Tabelle 49). Die Ursache für eine derartig große Diskrepanz kann nur darin gesehen werden, daß hier die Versuchstätigkeit in keiner Weise zielgerichtet war.

Vermutlich wäre dieser Unterschied noch deutlicher ausgefallen bei der Betrachtung des Geschwindigkeitsabfalls am Ende der Bewegungen. Neben den genannten Autoren haben u.a. KÜPFMÜLLER & POKLEKOWSKI (1956) und VOSSIUS (1960) gezeigt, daß die kurz vor Erreichen des Zieles einsetzenden Steuerungsprozesse besonders viel Zeit beanspruchen. Da diese hier ebenfalls nicht notwendig waren, endeten die Bewegungen sehr abrupt.

II. Verlauf unterbrochener Bewegungen

Nach der Exklusion von Bewegungen, die innerhalb definierter Zeitabschnitte bereits verzögert wurden, war ein Unterschied im Geschwindigkeitsverlauf unbeeinflusster und unterbrochener Bewegungen statistisch nicht mehr zu sichern. Es erhebt sich deshalb die Frage, ob die vorgenommene Auswahl mehr als nur logische Gültigkeit besitzt.

Die Vpn 4,6,8,9 und 10 wiesen bei den nicht unterbrochenen Reaktionen Bewegungen auf, die verzögert waren (s. Tabelle XIII des Anhangs). Den früheren Überlegungen gemäß mußten dies vor allem solche Bewegungen sein, die besonders

schnell erfolgten, bald den Rand der Vorlage erreichten und deshalb relativ früh wieder gebremst werden mußten. Ein Vergleich der Tabellen XIV a und XV lehrt, daß nach Ausschluß dieser Bewegungen der Mittelwert aller 5 Vpn für den Zeitabschnitt 0,05 bis 0,1 sec abgesunken ist. Das Verhältnis 5:0 hat nach dem Binomialtest nur eine Wahrscheinlichkeit von 3,1 % (bei gleicher Wahrscheinlichkeit von Plus- und Minus-Variationen). Dieses bestätigt die Folgerichtigkeit in der Neu-Aufbereitung der Daten, wenngleich die Resultate bei den unterbrochenen Bewegungen nicht so eindeutig ausfallen (in vier Fällen die erwartete Erhöhung der Mittelwerte, dagegen aber dreimal eine Erniedrigung; die unterbrochenen Bewegungen sind wesentlich seltener, weshalb hier nicht die gleiche Zuverlässigkeit vorliegt wie bei den unbeeinflussten).

E. INTERPRETATION

Zwischen der Anfangs-Geschwindigkeit vergleichbarer unbeeinflusster und unterbrochener Bewegungen wurde kein gesicherter Unterschied festgestellt. Aus diesem Grund kann die in der Einleitung formulierte Alternative zum bisherigen Modell bezüglich des Zustandekommens des Unterbrechungseffektes zurückgewiesen werden. Die angenommene Blockierung wird vermutlich durch Störung oder Aufhebung beseitigt; eine Durchbrechung oder Überwindung derselben durch die Entscheidungsvorgänge oder Handlungsimpulse selbst ist weniger wahrscheinlich.

F. ZUSAMMENFASSUNG

In einer Zweifach-Wahl sollten auf optische Signale entweder geradlinige oder bogenförmige Bewegungen ausgeführt werden.

Manchmal sollten diese Bewegungen auf ein akustisches Signal hin unterbrochen werden, bevor sie begonnen hatten.

Bis zum Zeitpunkt von 0,1 sec nach Beginn der Ausführung wurde der Geschwindigkeitsverlauf derjenigen Bewegungen kontrolliert, die mindestens 0,15 sec andauerten.

Zwischen nicht unterbrochenen und unterbrochenen Bewegungen fanden sich keine systematischen Unterschiede.

Die erhobenen Daten wurden im Hinblick auf die vorhandene Literatur und ein Modell der Handlungssteuerung diskutiert.

ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION ALLER UNTERSUCHUNGEN

Nach den unerwarteten Ergebnissen der Untersuchung A wurde ein vorläufiges Modell entworfen, welches im wesentlichen auf der Annahme beruht, daß der Unterbrechungseffekt (=besonders kurze Reaktionszeit und viele Fehler bei den Reaktionen, die trotz Unterbrechungs-Signal erscheinen) auf einer Enthemmung beruht. Diese Enthemmung geht, wie mehrfach ausgeführt, auf eine Beseitigung jener Mechanismen zurück, die das Auftreten der Reaktionen verhüten sollen, bevor diese dem jeweiligen Signal richtig zugeordnet sind.

Eine Reihe von Hypothesen wurde abgeleitet, deren Überprüfung die Zweckmäßigkeit der Modellvorstellungen erweisen sollte. Ihr gemeinsames Prinzip bestand darin, daß dann mit einem besonders ausgeprägten Unterbrechungseffekt zu rechnen sei, wenn durch die angenommene Enthemmung relativ viele Entscheidungsprozesse zur Einleitung der Handlung betroffen würden. Es war zu hoffen, daß wenigstens einige Voraussagen widerlegt würden, weil dann das Modell ausgebaut bzw. revidiert werden könnte.

Die meisten Untersuchungen verifizierten jedoch die Erwartungen. Dies gilt besonders für die Untersuchungen B und C.

Lediglich die Hypothesen, die Bezug auf die voneinander abweichenden Reaktionszeiten unterschiedlicher Bewegungsformen nahmen (in den Untersuchungen D und E), wurden nicht positiv bestätigt. Dies konnte jedoch an der Geringfügigkeit jener Differenzen gelegen haben.

Den Ergebnissen von Untersuchung C zufolge galten die Modellvorstellungen uneingeschränkt auch für Einfach-Reaktionen. Die auftauchende Vermutung, daß die Reaktionszeit-Verkürzung (und der Fehleranstieg) nicht ausschließlich unterbrechungsspezifisch bedingt sei, wurde in Untersuchung D bestätigt. Ein ebenso wie das Unterbrechungs-

Signal kurz vor Beginn der Bewegungen exponiertes Signal ohne Bedeutung führte gleichfalls zu einer kürzeren Reaktionszeit gegenüber den normalen Reaktionen. Allerdings war das Ausmaß dieser Verkürzung wesentlich geringer als in den Versuchen mit Unterbrechungs-Signal.

Es ergaben sich keine Anhaltspunkte dafür, daß die Reaktionszeit unbeeinflusster Bewegungen in Unterbrechungs-Versuchen länger war als in Kontrollversuchen (die Vpn warteten also nicht das mögliche Unterbrechungs-Signal noch ab).

Abgesehen davon, daß unterbrochene Bewegungen eine kürzere Amplitude zeigten als die unbeeinflußt ablaufenden, wurden für nicht unterbrochene und unterbrochene Vollzüge übereinstimmende Weg-Zeit-Kurven ermittelt. Auf Grund dieses Resultates scheidet auch Schock als Ursache des Unterbrechungseffektes aus.

Wie bei der Beschreibung des Modells ausgeführt, sind in den durch die postulierte Enthemmung betroffenen Entscheidungsprozessen ungeteilt die Entscheidungen enthalten, die einerseits dem erschienenen Signal, andererseits der auszuführenden Handlung gelten. Im Verlauf aller Untersuchungen ist kein Versuch unternommen worden, eine gegenseitige Abgrenzung dieser verschiedenen Prozesse vorzunehmen. Hinsichtlich dieses Punktes sind die entwickelten Vorstellungen also unbestimmt. Eine Klärung ist nur durch weitere Experimente möglich. DILLON (1966) hat hierzu einen methodischen Ansatz vorgeschlagen.

Von gewissem Belang sind die erhobenen Befunde für die Experimente zur psychischen Refraktärzeit. TELFORD (1931) hatte seine Vpn auf jedes von zwei sukzessiv exponierten akustischen Signalen reagieren lassen. Der Abstand der Aufeinanderfolge betrug 0,5; 1,2 oder 4 sec. Bei dem kürzesten Intervall war die Reaktionszeit der zweiten Bewegung stark verlängert, was verursacht worden sei durch Widerstände im Organismus gegen die sofortige Wiederholung willkürlicher Tätigkeiten. Diese Vorgänge würden dadurch zu einer refraktären Phase führen.

Derartige Beobachtungen wurden seitdem häufig reproduziert (VINCE 1948 b, 1949, WELFORD 1952, ADAMS 1962, DAVIS 1956, 1957, 1959, BORGER 1963). In der Regel war die Reaktionszeit auf das zweite Signal um so länger, je kürzer dieses dem ersten folgte. Für den Bereich simultaner oder nahezu simultaner Exposition beider Signale gelten einige Ausnahmen, über die u.a. ELITHORN & LAWRENCE (1955), WELFORD (1959), HALLIDAY et al. (1960) berichten.

Unsere Versuche zeigen deutlich, daß "refraktär" in erster Linie nur bezogen sein kann auf das Ausführen einer neuen, zweiten Tätigkeit. Diese kann erst dann begonnen werden, wenn die erste abgeschlossen bzw. eingeleitet ist.

Soll auf Grund eines zweiten Signales die erste Tätigkeit aber unterlassen werden, bevor sie eingesetzt hat, wird unmittelbar in die ihr zugrundeliegenden, vorbereiteten Prozesse eingegriffen. Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnis sollte zukünftig weniger von einer Refraktärphase schlechthin als von einer Refraktärphase "wofür" gesprochen werden.

Verschiedentlich wurde auch in Experimenten zur Refraktärphase eine Beeinflussung der ersten Reaktion bei Exposition des zweiten Signals festgestellt. Meist handelte es sich dabei um eine Verlängerung der Reaktionszeit. Nach SANDERS (1964) wird in diesen Fällen der Beginn der ersten Bewegung hinausgeschoben, weil der neu angekommene Reiz zuvor entweder gespeichert oder zentral entschlüsselt wird.

Der entgegengerichtete Effekt, eine Verkürzung der Reaktionszeit auf das erste Signal, ist jedoch ebenfalls beobachtet worden. Ein Beispiel dafür sind die bereits geschilderten Untersuchungen von VINCE (1948 a), deren Meßwerte eine solche Tendenz widerspiegeln, ohne daß dieselbe jedoch diskutiert wurde.

Systematischer ging REYNOLDS (1966) dieser Frage nach. In Experimenten zur Refraktärzeit arbeitete er mit konstanten und zufällig variierenden Inter-Stimulus-Intervallen. Ähnlich den Ergebnissen von DAVIS (1962) war die Verlängerung der Reaktionszeit auf das zweite Signal bei

irregulären Intervallgrößen besonders deutlich. Außerdem führte die zufällige Permutation der Intervalle zu einer signifikanten Verkürzung der Reaktionszeit auf das erste Signal, die um so deutlicher war, je kürzer beide Signale aufeinanderfolgten.

Über die Bedeutung der Ergebnisse für die psychische Refraktärzeit hinausgehend ist das von uns herausgearbeitete und "Unterbrechungs-Effekt" genannte Phänomen generell wichtig für die Analyse einfacher Handlungen. Zwischen Unterbrechungs-Effekt und Anzahl der für eine einfache Handlung notwendigen Entscheidungen wurden gesetzmäßige Beziehungen gefunden; die Ergebnisse in Bezug auf den Unterbrechungs-Effekt waren nicht nur leicht reproduzierbar, sondern konnten im Unterschied zu zahlreichen anderen Aussagen im Bereich der Psychologie auch leicht (in der genannten Weise) verallgemeinert werden.

Dennoch soll nicht der Eindruck erweckt werden, die unternommenen Experimente erschöpften das bearbeitete Thema. Nur ein Ausschnitt davon wurde verständlicherweise zuerst ins Auge gefaßt, doch sind die erhaltenen Resultate für mögliche spätere Untersuchungen ähnlicher Art von Belang; die von uns entwickelte Technik erwies ein weiteres Mal den Wert von Störversuchen beim wissenschaftlichen Arbeiten und sollte verfeinert werden.

Die referierten Experimente erhellen vorerst das Zusammenspiel von Entscheidungen, Hemmung und Enthemmung sowie Aktivierung bei der Vorbereitung einer Tätigkeit. Zukünftige Versuche müssen beispielweise klären, zu welchen Folgen eine Unterbrechung bereits ablaufender Handlungen führt. Prinzipiell sind hier ähnliche Resultate wie die geschilderten zu erwarten, da bekanntlich jede anscheinend kontinuierliche Bewegung in mehr oder weniger große Einheiten zerfällt, von denen jede für sich "programmiert" und ausgeführt werden muß. Die Ergebnisse der Untersuchung C tendieren in diese Richtung.

Neben den an dieser Stelle ausführlicher behandelten theoretischen Konsequenzen ergeben sich auch einige Folgerungen für die Praxis, denn dort kann das, was sich hier als Unterbrechungs-Effekt zeigte, in Form von Fehlhandlungen in Erscheinung treten. Diese Fehlhandlungen

auf Grund einer Tätigkeitsunterbrechung sind eine Funktion des Informationsgehaltes der Situation, in der sich der Handelnde befindet. Mit der Zahl der für die Tätigkeit erforderlichen zentralen Prozesse scheint nicht nur die Unterbrechung der Tätigkeit weniger gut zu gelingen, sondern werden auch die Folgen dieser Unterbrechung zunehmend größer.

Die im Zuge der Technisierung entstandenen Situationen verlangen immer häufiger schnelle Reaktionen, die von der vorangegangenen Verarbeitung einer Vielzahl von Informationen abhängt . Im Hinblick auf diesen größeren Rahmen, das Steuern und Bedienen komplizierter Maschinen, das Verhalten im Straßenverkehr u.a. sollten die dargestellten Befunde gesehen werden.

ZUSAMMENFASSUNG ALLER UNTERSUCHUNGEN

Die durchgeführten Experimente galten der Aufklärung derjenigen Prozesse, die zwischen der Exposition eines Signales und dem Einsetzen der antwortenden Bewegung ablaufen. Prinzipiell bestand die Untersuchungs-Methode darin, die interessierenden Vorgänge in Form einer Handlungsunterbrechung zu stören.

In Wahl-Situationen sollten auf das "erscheinen bestimmter Signale einfache motorische Handlungen möglichst schnell ausgeführt werden. Mitunter erschien kurz nach oder sogar schon vor einem dieser Signale ein weiteres Signal. Dies war für die Vpn das Zeichen, die beabsichtigte oder bereits begonnene Bewegung zu unterdrücken bzw. abubrechen.

Diejenigen Bewegungen, die trotz des Unterbrechungs-Signales begonnen wurden, wiesen eine kürzere Reaktionszeit und größere Fehlerhaftigkeit auf als die unbeeinflußt ablaufenden Bewegungen. Diese Folgen der Unterbrechung wurden Unterbrechungseffekt genannt.

Der Unterbrechungseffekt war um so größer, je geringer der Zeitabstand zwischen Start- und Unterbrechungs-Signal war.

Einige Vorstellungen wurden entwickelt, die das Zustandekommen des Unterbrechungseffektes erklären sollten. Sie beruhten im wesentlichen auf der Annahme, dieser resultiere aus der Beseitigung eines "Hemmungs-Mechanismus" zur Verhinderung vorzeitiger, d.h. nicht zuverlässig richtiger Reaktionen. Die allgemeine Erwartung wurde formuliert, der Unterbrechungseffekt werde um so deutlicher ausfallen, je mehr Entscheidungsprozesse zur Aufnahme einer Handlung von der Enthemmung betroffen würden.

Zur Überprüfung dieser Vermutung wurden solche Handlungen in Reaktionsversuchen (überwiegend Wahl-Situationen) auf die bereits geschilderte Weise unterbrochen, die sich in Bezug auf Reaktionszeit und Fehlerhäufigkeit von-

einander unterschieden. Die Unterschiede in diesen Merkmalen wurden durch Kontrolle folgender Variable bewirkt:

- 1) Relative Häufigkeit der Start-Signale (Untersuchung B)
- 2) Zahl der Wahlmöglichkeiten (Untersuchung C)
- 3) Ähnlichkeitsbeziehung zwischen Signal und Antwort
(Untersuchung D)
- 4) Bewegungsform (Untersuchung D)
- 5) Übungsgrad der Vpn (Untersuchung E)

Die Ergebnisse bestätigen zum größten Teil die Voraussetzungen.

In weiteren Experimenten wurde versucht, den Unterbrechungseffekt gegenüber Wirkungen abzusichern, die man durch Aktivierung (Untersuchung D) oder Schreck (Untersuchung F) einfacher erklären könnte.

LITERATURVERZEICHNIS

- ACH, N. : Analyse des Willens, Berlin und Wien (Urban & Schwarzenberg) 1935
- ADAMS, J.A. : Test of the hypothesis of psychological refractory period, J.exp. Psychol., 1962, 64, 280-287
- ALLUISI, E.A. & P. MULLER : Verbal and motor responses to seven symbolic visual codes. A study in S-R compatibility, J.exp. Psychol., 1958, 55, 247-254
- ANNETT, J.C., C.W. GOLBY & H. KAY : The measurement of elements in an assembly task - the information output of the human motor system, Quart. J.exp. Psychol., 1958, 10, 1-11
- ASHBY, W.R. : Design for a brain, N.Y. (Wiley) 1960
- BAKER, C.H. : Further toward a theory of vigilance, in BUCKNER, D.N. und J.J. GRATH (Ed.) Vigilance, a symposium, N.Y., San Francisco, Toronto, London (Mc Graw-Hill), 1963
- BERTELSON, P. : Sequential redundancy and speed in a serial two-choice responding task, Quart. J. exp. Psychol., 1961, 13, 90-112
- BERTELSON, P. : Stimulus-response relationships and reaction-times to new versus repeated signals in a serial task, J. exp. Psychol., 1963, 65, 478-84
- BERTELSON, P. & J. BAR-ZEELE : Interaction of time-uncertainty and relative signal frequency in determining choice reaction-time, J. exp. Psychol., 1965, 70, 448-451
- BERTELSON, P. & A. RENKIN : Reaction-times to new versus repeated signals in a serial task as a function of response-signal time interval, Acta psychol., 1966, 25, 132-136

- BLANK, G.: Brauchbarkeit opt. Reaktionsmes-
sungen, Industr.Psychotechnik,
1934, 11, 140-150
- BORGER, R.: The refractory period and serial
choice-reaction, Quart.J.exp.
Psychol., 1963, 15, 1-12
- BRAINARD, R.W., T.S. IRBY, Some variables influencing the
P.M. FITTS & E.A. ALLUISI: rate of gain of information, J.
exp. Psychol., 1962, 63, 105-110
- BRICKER, P.D.: Information measurement and reaction
time: A review, in QUASTLER, H. (Ed.)
Information theory in psychology,
Glencoe, Illinois (The Free Press
Publisher) 1955
- BROADBENT, D.E. & Donders b- and c- reactions and
Margaret GREGORY: S-R- compatibility, J. exp. Psychol.
1962, 63, 575-578
- BROWN, I.D.: Many messages from few sources,
Ergon., 1960, 3, 159-168
- BROWN, J.S. & A.T. Discrete movements in the horizon-
SLATER-HAMMEL,: tal plane as a function of their
length and direction, J.exp.
Psychol., 1949, 39, 84-95
- BUTTERFIELD, E.C.: The interruption of tasks:
Methodological, factual and theo-
retical issues, Psychol. Bull,
1964, 62, (5) 309-322
- CASSEL, E.E. & K.M. The effect of auditory distraction
DALLENBACH,: upon the sensory reaction, Amer.J.
Psychol., 1918, 29, 129-143
- CATTEL, J. McK.: The inertia of the eye and the
brain, Brain, 1885, 8, 295-312
- CATTEL, J. McK.: The time taken up by cerebral
operation, Mind, 1886, 11, 220-242

- CHRISTIAN, P.: Die Willkürbewegung im Umgang mit beweglichen Mechanismen, Sitzungsberichte d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Math.-Naturwiss. Klasse 4.Abt. Heidelberg 1948
- CHRISTIE, L.S. & R.D. LUCE : Decision structure and time relations in simple choice behaviour, Bull. math. Biophys., 1956, 18, 89-111
- COSTELLO, C.G.: The effects of depressant and stimulant drugs on the relationship between reaction-time and stimulus light intensity, Brit. J. of Soc. and Clinic. Psychol., 1964, 3, 1-5
- CROSSMAN, E.R.F.W.: Entropy and choice time: the effect of frequency unbalance on choice response, Quart. J. exp. Psychol., 1953, 5, 41-51
- CROSSMAN, E.R.F.W.: The information capacity of the human operator in symbolic and non-symbolic control processes, in: Information Theory and the Human Operator, 1956, Ministry of supply publication WR/D2/56
- CROSSMAN, E.R.F.W.: 1957, zit. nach WELFORD, A.T., 1960
- DAVIS, R.: The limits of the psychological refractory period, Quart. J. exp. Psychol., 1956, 8, 24-38
- DAVIS, R.: The human operator as a single channel information system, Quart. J. exp. Psychol., 1957, 9, 119-129
- DAVIS, R.: The role of "attention" in the psychological refractory period, Quart. J. exp. Psychol., 1959, 11, 211-220
- DAVIS, R.: Choice reaction-times and the theory of intermittency in human performance, Quart. J. exp. Psychol., 1962, 14, 157-166

- DAVIS, R.C.: Motor effects of strong auditory stimuli, J. exp. Psychol., 1948, 38, 257-275
- DEIMINGER, R.L. & P. M. FITTS: Stimulus-response compatibility, information theory, and perceptual-motor performance, in: QUASTLER, H.(Ed.) Information theory in psychology, Glencoe III (Free Press) 1955
- DERWORT, A.: Untersuchungen über den Zeitablauf figurierter Bewegungen beim Menschen, Pflügers Arch. ges.Physiol., 1938, 240, 661-675
- DEUCHLER zit. nach WUNDT 1911
- DIAMOND, S., R.S. BALVIN Inhibition and choice, N.Y. und & Florence R. DIAMOND: Evanston (Harper & Row) 1963
- DILLON, J.: Stimulus versus response decisions as determinants of the relative frequency effect in disjunctive reaction-time performance, J.exp.Psychol., 1966, 71 321-330
- DONDERO, F.C.: Die Schnelligkeit psychischer Prozesse Arch.Anat.Phys., 1868, 657-681
- DÜKER, H.: Über das Gesetz der speziellen Determination, Unters.Psychol., Phil.u.Päd. 1925, 5, 97-172
- DÜKER, H.: Kritik des Gesetzes der speziellen Determination, Arch.ges.Psychol., 1933, 89, 659-670
- DUFFY, Elizabeth: Activation and behaviour, N.Y. London (Wiley) 1962
- ELLINGSON, R.J.: Brain waves and problems of psychology, Psychol.Bull, 1956, 53, 1-34
- ELITHORN, A. & C. LAWRENCE: Central inhibition: some refractory observations, Quart.J.exp.Psychol., 1955, 7, 116-127
- FECHNER, G.Th.: Elemente der Psychophysik I, Leipzig (Breitkopf und Hartel) 1907
- FISHER, R.A.: The design of experiments, Edinburgh and London (Oliver and Boyd) 1953

- FITTS, P.M.: Engineering psychology and equipment design. In STEVENS, S.S. (Ed.): Handbook of experimental psychology. N.Y. London (J.Wiley) 1951, 1287-1340
- FITTS, P.M.: The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement, J.exp. Psychol., 1954, 47, 381-391
- FITTS, P.M. & I. BIEDERMAN : S-R compatibility and information reduction, J.exp. Psychol., 1965, 69, 408-412
- FITTS, P.M. & R.L. DEININGER : S-R compatibility : Correspondence among paired elements within stimulus and response codes, J.exp. Psychol., 1954, 48, 483-492
- FITTS, P.M., J.R. PETERSON & G. WOLPE : Cognitive aspects of information processing: II. Adjustments to stimulus redundancy, J.exp. Psychol., 1963, 65, 423-432
- FITTS, P.M. & J.R. PETERSON: Information capacity of discrete motor responses, J.exp. Psychol., 1964, 67, 103-112
- FITTS, P.M. & CH. SEEGER : S-R compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes, J.exp. Psychol., 1953, 46, 199-210
- FITTS, P.M. & CH.W. SIMON : Some relations between stimulus patterns and performance in a continuous dual-pursuit task, J. exp. Psychol., 1952, 43, 428-436
- FITTS, P.M. & G. SWITZER: Cognitive aspects of information processing I. The familiarity of S-R sets and subsets, J. exp. Psychol., 1962, 63, 321-329
- FLACHSBART-KRAFT, Flora: Messung von Hemmungszeiten, Zschr. f. Psychol., 1930, 117, 73-145
- GARVEY, W.D. & W.B. KNOWLES : Response time patterns with various display-control relationships, J.exp. Psychol., 1954, 47, 315-322

- GIBSON, J.: Sensory generalisation with voluntary reaction, J. exp. Psychol., 1939, 24, 237-253
- GILDEMEISTER, M., H. KOCH & J. WIRTZ: Eine neue Zeitschreibmethode, Pflügers Arch. 1935, 235, 401-404
- GLEES, P.: Morphologie und Physiologie des Nervensystems, Stuttgart (Thieme) 1957
- GRANIT, R.: Brain control of the sense organs, Acta psychol., 1955, 11, 117-118
- GREGG, L.W.: The effect of stimulus complexity on discrimination responses, J. exp. Psychol., 1954, 48, 289-297
- GRIEW, S.: Age, information transmission and the positional relationship between signals and responses in the performance of a choice task, Ergon. 1964, 7, 267-277
- GRIEW, S.: Complexity of response and time of initiating responses in relation to age. Amer. J. Psychol., 1959, 72, 83-88
- GUILFORD, J.P.: Fundamental statistics in psychology and education, New York (Mc Graw-Hill) 1956
- GUILFORD, J.P.: Fundamental statistics in psychology and education, New York (Mc Graw-Hill) 1965
- HAARDT, Wiebke: Zwei Versuche zur Unterbrechung einfacher motorischer Handlungen, Marburg (unveröffentlicht) 1966
- HADORN: Letalfaktoren, Stuttgart (Thieme) 1955
- HALLIDAY, A.M., M. KERR & A. ELITHORN: Grouping of stimuli and apparent exceptions to the psychological refractory period, Quart. J. exp. Psychol., 1960, 12, 72-89

- bereiteten Willenshandlung,
Psychol. Studien 1914, 9, 321-365
- HEBB, D.O. : Drives and C.N.S. (conceptual nervous system) Psychol., Rev. 1955, 62, 243-254
- HELSON, A. & J.A. STEGER: On the inhibitory effects of a second stimulus following the primary stimulus to react, J.exp. Psychol., 1962, 64, 201-205
- HENDERSON, R.L.: Remote action potentials at the movement of response in a simple reaction-time situation, J.exp. Psychol., 1952, 44, 238-241
- HENRY, F.M. & D.E. ROGERS : Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction Res.Quart. Americ.Ass. Hlth.Educ. Recr. 1960, 31, 448-458
- HICK, W.E.: On the rate of gain of information, Quart.J.exp. Psychol., 1952, 4, 11-26
- HOFSTÄTTER, P.R.: Theoretische Grundlagen der Verhaltenssteuerung, Psychol.Rsch. 1962, 13, 163-179
- HÖRMANN, H. & E.TODT: Lärm und Lernen
Zschr. exp. angew.Psychol., 1960, 7, 422-426
- HOLST, E.v. & H. MITTELSTAEDT: Das Reafferenzprinzip (Wechselwirkungen zwischen Zentralnervensystem und Peripherie), Naturwiss. 1950, 37, 464-476
- HOVLAND, C.T. & R.R. SEARS: Experiments on motor conflict, J.exp. Psychol., 1938, 23, 477-493
- HYMAN, R.: Stimulus information as a determinant of reaction-time, J.exp. Psychol., 1953, 45, 188-196
- ISSERLIN, M.: Über den Ablauf einfacher willkürlicher Bewegungen, Leipzig (Engelmann) 1910
- KARLIN, L.: Reaction-time as a function of

- variability, J.exp. Psychol., 1959, 58, 185-191
- KATZ, D.: The scriptochronograph, Quart. J. exp. Psychol., 1948, 1, 53-56
- KING, H.E.: RT as a function of stimulus intensity among normal and psychotic subjects, J.exp. Psychol., 1962, 54, 299-307
- KLEMMER, E.T.: Time uncertainty in simple reaction-time, J.exp. Psychol., 1956, 51, 179-184
- KORNADT, H.J. & G. BÄUMLER: Leistungen und Fehler bei Überwachungsaufgaben, Arbeitswiss. 1964, 5, 141-148
- KÜPFMÜLLER, K. & G. POKLEKOWSKI: Der Regelmechanismus willkürlicher Bewegungen, Zschr. Naturforsch. 1956, 11b, 1-7
- La BERGE, D. & J.R. TWEEDY: Presentation probability and choice time, J.exp. Psychol., 1964, 68, 477-481
- LAMB, J. & H. KAUFMANN: Information transmission with unequally likely alternatives, Percept. mot. skills, 1965, 21, 255-259
- LANSING, R.W., E. SCHWARTZ & D.B. LINDSLEY: Reaction-time and EEG activation Amer. Psychologist 1956, 11, 433
- LEONARD, J.A.: Tactual choice reactions: I. Quart. J. exp. Psychol., 1959, 11, 76-83
- LEONARD, J.A.: Choice reaction-time experiments and information theory, in CHERRY, E.C. (Ed.) Information theory, London (Butterworths) 1961, 137-145
- LESLIE, R.T.: Channel capacity and repetition of signal, Quart. J. exp. Psychol., 1957, 9, 222-223
- LINDWORSKY, J.: Der Wille. Seine Erscheinung und

seine Beherrschung, Leipzig (Joh. Ambros.Barth) 1923

- MALMO, R.B.: Activation: a neuropsychological dimension, Psychol.Rev. 1959, 66, 367-386
- MERKEL, J.: Die zeitlichen Verhältnisse der Willensthätigkeit, Philos.Stud. 1885, 2, 73-127
- MILLER, G.A., E.GALANTER & K.H.PRIBRAM : Plans and the structure of behavior, N.Y. (Holt) 1960
- MITCHELL, M.J.H. & M.A.VINCE : The direction of movement of machine controls, Quart. J.exp. Psychol., 1951, 3 24-25
- MITTELSTAEDT, H.: Regelungsvorgänge in der Biologie. Beihefte zur Regelungstechnik, München (Oldenbourg) 1960
- MITTENECKER, E.: Planung und statistische Auswertung von Experimenten, Wien (Deuticke) 1963
- MONJÉ, M.: Über die Messung der Reaktionszeit und ihrer Teilzeiten, Zschr.Biol. 1934, 95, 467-476
- MOOG, W.: Zwei Laborexperimente über die Auswirkungen von Handlungsunterbrechungen auf Leistungsmerkmale im Bereich der Motorik, Forschungsbericht Nr. 4816/64 im Forschungsprogramm "Menschl.Faktoren Arbeitssicherheit", 1964
- MORIN, R.E. & D.A. GRANT : Learning and performance on a key-pressing task as a function of the degree of spatial stimulus-response correspondence, J.exp. Psychol.; 1955, 49, 39-47
- MOWBRAY, G.H.: Choice reaction-time for skilled responses, Quart. J.exp. Psychol., 1960, 12, 193-202

- MOWBRAY, G.B. & M.V. On the reduction of choice reaction time with practice, Quart. J.exp. Psychol., 1959, 11, 16-23
- RHOADES :
- OVSJANKINA : In LEWIN, K.: Vorsatz, Wille und Bedürfnis, Psychol.Forsch. 1926, 7, 330-385
- PAWLOW, I.P.: Sämtliche Werke, Bd.IV, Berlin (Akademie Verlag) 1953
- PETERS, W. & A.-A. The time pattern of voluntary movements, Brit.J.Psychol., 1936, 24, 388-406
- WENBORNE :
- PFALZ, R.: Einfluß schallgereizter efferenter Hörbahnteile auf den deafferentierten nucleus cochlearis (Meerschweinchen), Pflügers, Archiv, 1962, 274, 533-552
- PIERSON, W.R. & P.J. Generality of a speed factor in simple reaction and movement time, Percept.mot. skills 1960, 11, 123-128
- RASCH :
- RAAB, D.: Effect of stimulus-duration on auditory reaction-time, Am.J.Psychol 1962, 75, 298-301
- RABBITT, P.M.A.: Errors and error correction in choice-response tasks, J.exp. Psychol., 1966, 71, 264-272
- RAPOPORT, A.: A study of disjunctive reaction-times, Behavioural Sci., 1959, 4, 299-315
- REYNOLDS, D.: Time and event uncertainty in uni-sensory reaction-time, J.exp.Psychol 1966, 71, 286-293
- ROTH, E.: Die Geschwindigkeit der Verarbeitung von Information und ihr Zusammenhang mit Intelligenz, Zschr. exp. angew. Psychol., 1964, 11, 616-622

- RUCH, T.C.: Motor systems, in STEVENS, S.S.: Handbook of experimental psychology, N.Y. London, (Wiley) 1951
- SANDERS, A.F.: Selective strategies in the assimilation of successively presented signals, Quart. J. exp. Psychol., 1964, 16, 368-372
- SCHMIDTKE, H.: Über die Struktur willkürlicher Bewegungen, Psychol. Beitr. 1960, 5, 428-439
- SCHMIDTKE, H.: Zur Frage der informationstheoret. Analyse von Wahlreaktionsexperimenten, Psychol. Forsch. 1961a, 26, 157-178
- SCHMIDTKE, H.: Der Einfluß der Reizintensität auf die Reaktionszeit, Psychol. Beitr. 1961b, 6, 277-286
- SCHMIDTKE, H.: Untersuchungen über die Leistung bei Dauerbeobachtungstätigkeiten, Ber. 23. Kongr. d. Dt. Ges. f. Psychol. 1962, Göttingen (Hogrefe) 1963, 165-167
- SCHÖNPFLUG, W.: Mengenschätzen bei akustischer Zusatzreizung - Beobachtungen über den Zusammenhang von Aktivierung und Wahrnehmung, Zschr. exp. u. angew. Psychol., 1965, 12, 316-336
- SCHÖNPFLUG, W. & M. SCHÄFER: Retention und Aktivierung bei akustischer Zusatzreizung, Zschr. exp. angew. Psychol., 1962, 9, 452-464
- SEARLE, L.V. & F.V. TAYLOR: Studies of tracking behavior. I. Rate and time characteristics of simple corrective movements, J. exp. Psychol., 1948, 38, 615-631
- SIEGEL, S.: Nonparametric statistics in the behavioral sciences, N.Y. (Mc Graw Hill) 1956
- STONE, M.: Models of choice reaction-time, Psychometrika 1960, 25, (3) 251-260

- TEICHNER, W.H.: Recent studies in simple reaction-time, Psychol. Bull, 1954, 51, 128-149
- TELFORD, C.W.: The refractory phase of voluntary and associative responses, J.exp. Psychol., 1931, 14, 1-36
- VINCE, M.A.: The intermittency of control movements and the psychological refractory period, Brit. J.Psychol. 1948a, 38, 149-157
- VINCE, M.A.: Corrective movements in a pursuit task, Quart. J.exp. Psychol., 1948b 1, 85-103
- VINCE, M.A.: Rapid response sequences and the psychological refractory period, Brit. J.Psychol., 1949, 40, 23-40
- VOSSIUS, G.: Experimentelle Untersuchungen über die gezielte Handbewegung des Menschen, Mainz (Verl.d.Akad.d. Wiss.u.d.Lit.) und Wiesbaden (Steiner in Komm.) 1957
- VOSSIUS, G.: Das System der Augenbewegungen, Zschr. Biol., 1960, 112, 27-57
- WALKER, Helen M. & J.LEV: Statistical inference, N.Y. (Holt Rinehart and Winston) 1953
- WEGENER, H.: Untersuchungen über die Motorik Stotternder, in: Akustische und motor. Probleme bei der Sprach-u. Stimmbehandlung, Hamburg, 1963, 25-33
- WEIZSÄCKER, V.v.: Der Gestaltkreis, Stuttgart (Thieme) 1947
- WELFORD, A.T.: The psychological refractory period Brit. J.Psychol., 1952, 43, 2-19

- WELFORD, A.T.: Ageing and human skill, Oxford
(University Press for the Nuffield
Foundation) 1958
- WELFORD, A.T.: Evidence of a single-channel de-
cision mechanism limiting perfor-
mance in a serial reaction task,
Quart. J.exp. Psychol., 1959, 11,
193-210
- WELFORD, A.T.: The measurement of sensory-motor
performance, Survey and reappraisal
of twelve years' progress, Ergon.
1960, 3, 189-230
- WINSEMIUS, W.: Analytische Untersuchung der Auf-
gabenstrukturen bei einer Reihe von
Unfällen, Forschungsbericht Nr.
2391/63 des Forschungsprogrammes
"Menschl.Faktoren-Arbeitssicherheit"
1963
- WOODWORTH, R.S. & H. SCHLOSBERG : Experimental psychology, New York
(Holt) 1960
- WUNDT, W.: Verlauf der direkten Sinnesvor-
stellungen, in: Physiolog.Psycholo-
gie, Leipzig(Kröner), 1911, 3,
357-451
- ZEIGARNIK, B.: Über das Behalten erledigter und
unerledigter Handlungen, Psychol.
Forsch., 1927, 9, 1-85

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich versichere, daß ich meine Dissertation

Untersuchungen über die Unterbrechung einfacher motorischer Handlungen

selbständig ohne unerlaubte Hilfe angefertigt habe und daß ich sie in der jetzigen oder ähnlichen Form noch keiner anderen Fakultät eingereicht habe.

Marburg/Lahn, den 8.7.1966 *Manfred Amdarg*

LEBENS LAUF

Am 28. Juni 1939 wurde ich als zweiter Sohn des Wirkermeisters Werner Amelang in Bad Sulza/Thür. geboren.

Mehrere Umzüge bedingten nacheinander den Besuch der Volksschulen von Bad Sulza, Neheim-Hüsten (Westf.) und Zeitz-Aue (Sachsen).

Ostern 1952 trat ich in die Quarta der Dreieich-Schule, Gymnasium Langen, ein, wo ich im März 1959 die Reifeprüfung ablegte.

Ab Sommer-Semester 1959 studierte ich an der Philipps-Universität Marburg Psychologie als Hauptfach. Ohne den Studienort gewechselt zu haben, absolvierte ich im Herbst 1962 die Prüfung zum Vordiplom, drei Semester später die Prüfung zum Diplom.

Daran anschließend war ich ca. 1 Jahr lang Mitarbeiter an einem Forschungsprojekt über Sicherheitsfragen der Arbeit, das von der Hohen Behörde der Montan-Union ausgeschrieben worden war und unter der Leitung von Prof. Dr. Düker am Institut für Psychologie durchgeführt wurde. Auf Anregung von Prof. Dr. Merz und unter dessen Anleitung entstanden einige Arbeiten zur Unterbrechung einfacher motorischer Handlungen, über die in mehreren Berichten an die Hohe Behörde referiert wurde.

Seit dem Auslaufen des Forschungsauftrages verwalte ich bei Prof. Dr. Dr. von Bracken am Institut für Sonderpädagogik die Stelle eines wissenschaftlichen Assistenten. Die bei Prof. Dr. Merz begonnenen Studien wurden fortgesetzt.

Außer einer in Zusammenarbeit mit Dr. Janke entstandenen "Untersuchung zur psychischen Wirkung eines zentralen Stimulans nach verschiedenen Graden psychischer Beanspruchung" (Psychol. Forsch. 1965, 28, 562-586) sind bisher keine eigenen Arbeiten erschienen.

